

BIO

Sônia Lopes
Sergio Rosso

COMPONENTE
CURRICULAR
BIOLOGIA

1ª ANO
ENSINO MÉDIO

MANUAL DO PROFESSOR



1

 **Editora
Saraiva**

BIO

COMPONENTE
CURRICULAR
BIOLOGIA

1º ANO
ENSINO MÉDIO

Sônia Lopes

Licenciada em Ciências Biológicas e Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo

Professora Doutora do Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da
Universidade de São Paulo

Sergio Rosso

Licenciado em Ciências Biológicas e Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo

Professor Doutor do Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da
Universidade de São Paulo

1

MANUAL DO PROFESSOR

3ª edição – 2016
São Paulo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Lopes, Sônia
Bio, volume 1 / Sônia Lopes, Sergio Rosso. --
3. ed. -- São Paulo : Saraiva, 2016.

Obra em 3 v.
Suplementado pelo manual do professor.
Bibliografia.
ISBN 978-85-472-0501-0 (aluno)
ISBN 978-85-472-0502-7 (professor)

I. Biologia (Ensino médio) I. Rosso, Sergio.
II. Título.

16-03187

CDD-574.07

Índices para catálogo sistemático:

1. Biologia : Ensino médio 574.07



Araras-canindés (*Ara ararauna*)
fotografadas em Aripuanã (AM),
em 2014. Essa espécie mede
cerca de 80 cm de comprimento.

Diretora editorial	Lidiane Vivaldini Olo
Gerente editorial	Luiz Tonolli
Editor responsável	Isabel Rebelo Roque
Editores	Fabiola Bovo Mendonça, Mayra S. Hatakeyama Sato, Paula Signorini
Assistente editorial	Anderson Tamakoshi
Gerente de produção editorial	Ricardo de Gan Braga
Gerente de revisão	Hélia de Jesus Gonsaga
Coordenador de revisão	Camila Christi Gazzani
Revisores	Diego Carbone, Maura Loria, Sueli Bossi
Produtor editorial	Roseli Said
Supervisor de iconografia	Sílvia Klugin
Coordenador de iconografia	Cristina Akisino
Pesquisa iconográfica	Roberto Silva, Enio Rodrigo Lopes
Licenciamento de textos	Erica Brambila, Paula Claro
Coordenador de artes	Aderson Oliveira
Design	Alexandre Santana de Paula
Capa	Simone Zupardo Dias com imagem de Adriano Garbarini
Diagramação	Elis Regina de Oliveira
Assistente	Jacqueline Ortolan
Ilustrações	Adilson Secco, Alex Argozino, Alex Silva, Conceitograf, Dacosta Mapas, Dawidson França, Emerson Ramos, Estúdio Ampla Arena, Hagaquezart Estúdio, Jurandir Ribeiro, Laura Monsterrat, Ligia Duque, Luis Moura, Luiz Fernando Rubio, Mario Yoshida, Osni de Oliveira, Paulo Cesar Pereira, Rickardo, Rodval Matias, Sandro Castelli, Sonia Vaz, Studio Caparroz, Walter Caldeira
Cartografia	Dacosta Mapas, Mario Yoshida, Sonia Vaz, Studio Caparroz
Tratamento de imagens	Emerson de Lima
Protótipos	Magali Prado
Impressão e acabamento	

078147.003.001

O material de publicidade e propaganda reproduzido nesta obra está sendo utilizado apenas para fins didáticos, não representando qualquer tipo de recomendação de produtos ou empresas por parte do(s) autor(es) e da editora.

Nos livros desta coleção são sugeridos vários experimentos. Foram selecionados experimentos seguros, que não oferecem riscos ao estudante. Ainda assim, recomendamos que professores, pais ou responsáveis acompanhem sua realização atentamente.



**Editora
Saraiva**

SAC

0800-0117875

De 2ª a 6ª, das 8h às 18h

www.editorasaraiva.com.br/contacto

Avenida das Nações Unidas, 7221 – 1ª andar – Setor C – Pinheiros – CEP 05425-902

CONVERSANDO COM VOCÊ, ESTUDANTE

É um prazer para nós saber que está usando este livro. Ele foi escrito com muita dedicação e cuidado, visando oferecer a você um bom material de estudo.

Nossa proposta é aproximar o universo biológico das questões cotidianas, abrindo espaços para a reflexão e o desenvolvimento do espírito crítico e de valores voltados para a cidadania.

Procuramos apresentar a Biologia de maneira integrada, interligando diversas de suas subáreas e relacionando-as com outras áreas do saber.

Para que possa aproveitar melhor esta coleção, recomendamos que, primeiro, conheça a estrutura do livro, descrita nas páginas seguintes. Mesmo sendo um livro bem completo, ele não substitui seus professores. São eles que estarão sempre ao seu lado, pessoalmente, contribuindo ainda mais para sua formação. Aproveite essa oportunidade e estude muito. Seu futuro agradecerá!

Esperamos que você, ao estudar Biologia, aprenda a amar e a respeitar cada vez mais a vida.

Com carinho,
Os autores

CONHEÇA SEU LIVRO

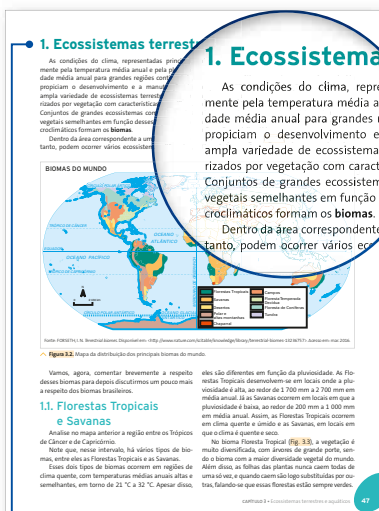
ABERTURA DE UNIDADE

Cada unidade aborda um grande tema da Biologia e inicia-se com destaque para uma fotografia e sua legenda. Uma frase instigante faz pensar sobre o que será estudado.



ABERTURA DE CAPÍTULO

Cada capítulo inicia-se com uma página de abertura que tem dois objetivos principais: despertar seu interesse pelo assunto e abrir espaço para que você diga o que já conhece a respeito do que será discutido.



CONTEÚDO DO CAPÍTULO

Em linguagem clara e objetiva, o capítulo aproxima você dos conceitos básicos da Biologia, relacionando-os, sempre que possível, a outras áreas do saber.

INFOGRÁFICOS

Os infográficos apresentam informações integradas às imagens, de forma dinâmica.



Fotografias de satélite permitem visualizar a localização de áreas desmatadas, que geralmente acompanham as estradas. As três fotografias mostradas a seguir (Fig. 5.5) são de uma mesma região no estado de Rondônia, a primeira tirada em 1985, a segunda em 1992 e a última em 2013. Elas evidenciam as marcas do processo de desmatamento.

O desmatamento da Amazônia está intimamente ligado à prática na década de 1970. Estradas construídas para ligar outras estradas e para a ocupação ilegal da terra. Fotografias de satélite permitem visualizar a expansão das áreas acompanhadas por estradas. As três fotografias mostram a expansão do estado de Rondônia, a primeira tirada em 1976, evidenciando as marcas do processo de desmatamento.

Destaca aspectos da Biologia ligados a cotidiano, saúde, cidadania, ética e sociedade, entre outros temas.

Se a luz é formada por diferentes comprimentos de onda e os pigmentos responsáveis pela fotossíntese são as clorofilas e os carotenóides, quais comprimentos de onda são mais importantes nesse processo?

Se a luz é formada por diferentes comprimentos de onda, por que as clorofilas e os carotenoides, quais comprimentos de onda absorvem? Para responder a essa pergunta, realize o seguinte experimento:

- 6 béqueres ou recipientes de vidro transparente;
- 6 tubos de ensaio;
- Carbonato de sódio;

Antes de um tema ser abordado no capítulo, essa seção, por meio de experimentos e outras atividades práticas, abre espaço para discussões sobre assuntos que serão tratados em seguida.

Como você viu, a diversidade de ecossistemas terrestres e aquáticos é muito grande. Retorne suas respostas às questões da seção **Pense nisso** e procure reescrevê-las, adicionando o conhecimento que obteve com o estudo deste capítulo. Pense também no que aprendeu no capítulo anterior e amplie sua interpretação: que relações você consegue identificar entre a localização geográfica dos grandes biomas e suas características abióticas? A região onde você mora se insere em qual bioma? Quais características do ambiente lhe permitem afirmar isso?

Como você viu, a diversidade de ecossistemas responde às questões da seção **Pense nisso!** que obteve com o estudo deste capítulo. Para ampliar sua interpretação: que relações você encontra entre os grandes biomas e suas características abióticas? Quais características do ambiente lhe permitem

Momento de retomar a seção **Pense nisso.** presente na abertura do capítulo. Essa reflexão é fundamental para sua aprendizagem. Pare, reflita, pondere, reveja seus conhecimentos e estruture o que aprendeu.

Atividades variadas, pautadas no desenvolvimento de competências e habilidades, como as exigidas pelo Enem. Muitas delas são trabalhadas em grupo.

Em Química são utilizados inúmeros métodos para compor os mais diversos materiais. Esses métodos procuram apenas identificar que elementos ou substâncias determina não só a presença, mas também a quantidade. O gráfico a seguir apresenta as abundâncias relativas dos elementos terrestres (os valores podem variar de acordo com a fonte).

Apresenta textos que ampliam a visão sobre o assunto do capítulo. As questões orientam a troca de ideias, o debate, a produção e a divulgação dos saberes, valorizando a cidadania.

foram extintos?

Por que os dinossauros foram extintos?

A extinção de espécies é um processo natural e frequente ao longo da história da vida na Terra.

ento de outros são fenômenos que têm atu
ivamente sobre a biodiversidade. Quan
am eventos de extinção em massa.
do a períodos em que vário
os extinguir

comestíveis, os s
proporções de al

1. (Enem) Uma indústria está escolhendo um tipo de alimento comestíveis, os quais são obtidos do meio ambiente. Para isso, ela analisou as proporções de algumas organelas presentes em diferentes tipos de células.

Seleção criteriosa de testes dos principais vestibulares e do Enem, para você estudar e se preparar para os exames de ingresso no Ensino Superior.

SUMÁRIO

Unidade 1

O mundo em que vivemos

Capítulo 1 • Introdução à Biologia

Pense nisso, 11

1. Biologia: ciência da vida, 12
2. A Biologia como ciência, 13
3. Biologia e outros saberes, 16
4. Os níveis hierárquicos de organização biológica, 18
5. Características dos seres vivos, 20
6. Evolução, o princípio unificador da Biologia, 20

Tema para discussão: Vírus, viroides e príons: seres vivos ou não?, 23

Retomando, 24

Ampliando e integrando conhecimentos, 25

Testes, 27

Capítulo 2 • Introdução à Ecologia

Pense nisso, 29

1. Ecologia, 30
2. A atmosfera e o efeito estufa, 30
3. Os grandes padrões climáticos, 34
4. O efeito da altitude no clima, 36
5. O efeito dos oceanos no clima, 37

Tema para discussão: Cidades e ecossistemas, 39

Retomando, 41

Ampliando e integrando conhecimentos, 41

Testes, 44

Capítulo 3 • Ecossistemas terrestres e aquáticos

Pense nisso, 46

1. Ecossistemas terrestres, 47
 - 1.1. Florestas Tropicais e Savanas, 47

- 1.2. Florestas Temperadas Decíduas e Florestas de Coníferas, 48

- 1.3. Desertos, 49

- 1.4. Campos, Chaparral e Tundra, 50

2. Biomas do Brasil, 52

- 2.1. Amazônia, 52

- 2.2. Mata Atlântica, 54

- 2.3. Manguezal: um ecossistema especial, 56

- 2.4. Caatinga, 56

- 2.5. Cerrado, 58

- 2.6. Pampa, ou Campo sulino, 59

- 2.7. Pantanal, 60

3. Ecossistemas aquáticos, 61

- 3.1. Oceanos, 62

- 3.2. Lagos e rios, 64

Tema para discussão: O fogo: inimigo ou amigo?, 64

Retomando, 66

Ampliando e integrando conhecimentos, 66

Testes, 68

Capítulo 4 • Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria

Pense nisso, 70

1. Hábitat e nicho ecológico, 71

2. Os componentes estruturais de um ecossistema, 71

3. Cadeia e teia alimentar, 73

4. Os níveis tróficos, 74

5. Pirâmides ecológicas, 75

- 5.1. Pirâmide de números, 75

- 5.2. Pirâmide de biomassa, 76

- 5.3. Pirâmide de energia, 77

6. Modelo do fluxo energético, 78

7. Os ciclos biogeoquímicos, 79

7.1. Ciclo da água, 79

7.2. Ciclo do carbono, 80

7.3. Ciclo do oxigênio, 81

7.4. Ciclo do nitrogênio, 83

7.5. Ciclo do fósforo, 85

Tema para discussão: Pegada de água ou pegada hídrica, 86

Retomando, 87

Ampliando e integrando conhecimentos, 88

Testes, 90

Capítulo 5 • Comunidades e populações

Pense nisso, 92

1. Características estruturais de comunidades, 93

2. A dinâmica das comunidades: sucessão ecológica, 93

3. Interações entre populações de uma comunidade, 97

3.1. Interações intraespecíficas, 97

3.2. Interações interespecíficas, 100

4. Ecologia das populações, 104

4.1. Principais características de uma população, 104

4.2. Fatores reguladores do tamanho da população, 107

Tema para discussão: Um exemplo real de desequilíbrio ecológico, 111

Retomando, 111

Ampliando e integrando conhecimentos, 112

Testes, 114

Capítulo 6 • Alterações ambientais

Pense nisso, 117

1. Introdução, 118

2. Alterações bióticas, 118

2.1. Introdução de espécies, 118

2.2. Extinção de espécies, 119

3. Poluição dos ecossistemas, 120

3.1. Poluição sonora, 120

3.2. Poluição por eutroficação, 120

3.3. Poluição térmica, 121

3.4. Poluição do ar, 121

3.5. Aquecimento global, 123

3.6. Poluição por elementos radiativos, 126

3.7. Poluição por substâncias não biodegradáveis, 126

3.8. Poluição por derramamento de petróleo, 128

3.9. O lixo, 129

4. Pegada ecológica e biocapacidade, 131

5. Desenvolvimento sustentável, 132

6. Conservação biológica, 134

6.1. Unidades de conservação, 134

Tema para discussão: Onda de rejeitos da Samarco atingiu 663 km de rios e devastou 1 469 hectares de terras, 137

Retomando, 139

Ampliando e integrando conhecimentos, 139

Testes, 141

Unidade 2

Origem da vida e Biologia Celular

Capítulo 7 • Das origens aos dias de hoje

Pense nisso, 145

1. Introdução, 146

2. A origem dos seres vivos, 146

2.1. Biogênese *versus* abiogênese, 146

3. A origem dos primeiros seres vivos, 150

3.1. Origem extraterrestre (panspermia), 150

3.2. Origem por evolução química, 151

3.3. Origem por processos químicos nas fontes termais submarinas, 153

4. O surgimento dos primeiros seres vivos: os procariontes, 154

5. O surgimento dos primeiros eucariontes, 155
6. O surgimento dos multicelulares eucariontes, 157
7. A dinâmica da Terra e da vida ao longo do tempo, 158

Tema para discussão: Por que os dinossauros foram extintos?, 162

Retomando, 163

Ampliando e integrando conhecimentos, 164

Testes, 166

Capítulo 8 • A química da vida

Pense nisso, 168

1. Introdução, 169
2. A água, 169
3. Sais minerais, 172
4. Vitaminas, 173
5. Carboidratos, 175
 - 5.1. Monossacarídeos, 175
 - 5.2. Dissacarídeos, 175
 - 5.3. Polissacarídeos, 176
 - 5.4. Carboidratos na alimentação humana, 176
6. Lipídios, 178
 - 6.1. Carotenoides, 178
 - 6.2. Triglicerídeos, 178
 - 6.3. Fosfolipídios, 179
 - 6.4. Cerídeos, 180
 - 6.5. Esteroides, 180
7. Proteínas, 181
 - 7.1. Aminoácidos, 182
 - 7.2. Ligação peptídica, 183
 - 7.3. Estrutura da proteína, 183
8. Enzimas, 185
 - 8.1. Fatores que influenciam a atividade enzimática, 186
9. Os ácidos nucleicos, 187

Tema para discussão: Contando calorias, 189

Retomando, 190

Ampliando e integrando conhecimentos, 191

Testes, 192

Capítulo 9 • Citologia e envoltórios celulares

Pense nisso, 194

1. Introdução, 195
2. Um pouco de história, 195
3. Atuais microscópios de luz, 196
4. Células observadas ao microscópio de luz, 197
5. Microscópios eletrônicos, 199
6. Poder de aumento e de resolução, 200
7. Medidas usadas no estudo das células, 201
8. A teoria celular, 201
9. Os envoltórios celulares, 201
 - 9.1. Membrana plasmática, 201
 - 9.2. Envoltórios externos à membrana plasmática, 204
10. Processos de troca entre a célula e o meio externo, 205
 - 10.1. Concentração de uma solução, 206
 - 10.2. Difusão, 207
 - 10.3. Osmose, 207
 - 10.4. Difusão facilitada, 210
 - 10.5. Bomba de sódio e potássio – processo ativo, 211
 - 10.6. Endocitose e exocitose, 212

Tema para discussão: Osmose reversa e o tratamento de água, 214

Retomando, 215

Ampliando e integrando conhecimentos, 215

Testes, 217

Capítulo 10 • O citoplasma das células

Pense nisso, 219

1. Comparando células procarióticas com eucarióticas, 220
2. Citoesqueleto, 222

3. Centríolos, cílios e flagelos, 223
4. Ribossomos, 224
5. Peroxissomos, 225
6. Retículo endoplasmático, 226
7. Complexo golgiense, 227
8. Lisossomos, 228
 - 8.1. Função heterofágica, 228
 - 8.2. Função autofágica, 229
9. Vacúolo de suco celular, 230
10. Vacúolo pulsátil, 230
11. Plastos, 231
12. Mitocôndrias, 231

Tema para discussão: Construindo modelos de estrutura celular, 232

Retomando, 233

Ampliando e integrando conhecimentos, 233

Testes, 235

Capítulo 11 • Metabolismo energético

Pense nisso, 237

1. Reações químicas, acoplamento de reações e ATP, 238
2. Transportadores de hidrogênio: NAD⁺, NADP⁺ e FAD, 240
3. Fotossíntese, 240
 - 3.1. Origem do oxigênio e fotossíntese bacteriana, 242
 - 3.2. Luz e pigmentos fotossintetizantes, 242
 - 3.3. As etapas da fotossíntese, 245
4. Quimiossíntese, 251
5. Respiração, 251
 - 5.1. Glicólise, 252
 - 5.2. Formação de acetil-CoA e ciclo de Krebs, 253
 - 5.3. Cadeia respiratória, 255
6. Fermentação, 256
 - 6.1. Fermentação láctica, 256
 - 6.2. Fermentação alcoólica, 257

Tema para discussão: Como adquirir um bom condicionamento físico, 258

Retomando, 259

Ampliando e integrando conhecimentos, 259

Testes, 260

Capítulo 12 • Núcleo, divisões celulares e reprodução

Pense nisso, 262

1. Núcleo, 263
2. Envelope nuclear, 264
3. Nucleoplasma e cromatina, 264
4. Nucléolo, 266
5. Divisão celular: noções gerais, 266
6. Ciclo celular, 268
7. Interfase, 268
 - 7.1. O controle do ciclo celular, 271
8. Mitose em células animais, 271
 - 8.1. Prófase, 271
 - 8.2. Metáfase, 272
 - 8.3. Anáfase, 272
 - 8.4. Telófase e citocinese, 273
9. Mitose em células vegetais, 275
10. Meiose, 275
 - 10.1. Meiose I, 276
 - 10.2. Meiose II, 278
11. A divisão celular das bactérias, 279
12. Reprodução, 279
 - 12.1. Reprodução assexuada, 279
 - 12.2. Reprodução sexuada, 280

Tema para discussão: Consequências da não disjunção dos cromossomos na meiose humana, 281

Retomando, 282

Ampliando e integrando conhecimentos, 282

Testes, 284

Sugestões de consulta, 286

Gabarito, 288

Orientações didáticas, 289

O mundo em que vivemos

“O que guia a vida é... um pequeno fluxo, mantido pela luz do Sol.”

Albert Szent-Györgyi (1893-1986), fisiologista húngaro ganhador do prêmio Nobel de Medicina ou Fisiologia de 1937, por seus estudos relacionados ao ácido ascórbico (vitamina C).

Luciano Candiani

Fotografia de *Philomedusa* sp. (cerca de 10 cm de comprimento) em flor de *Heliconia* sp., Mata Atlântica, Jquitiba, SP.

Introdução à Biologia

Luciano Candisani



Figura 1.1. A natureza é incrível. Nas cheias periódicas do Pantanal mato-grossense, a vegetação fica imersa, como mostra essa fotografia de uma árvore quase totalmente dentro da água. Nessas ocasiões, os peixes nadam por entre os galhos em uma imagem que mais parece um filme de ficção científica. Na natureza, todos os elementos estão ligados: fatores físicos, químicos, geológicos e biológicos interagem gerando enorme diversidade de ecossistemas, cada um com suas peculiaridades. Escolhemos essa fotografia para instigar você a entrar no universo da vida. Desfrute dessa imagem e embarque nessa viagem de grandes aprendizados.



Pense nisso

- O que você espera aprender estudando Biologia?
- Como essa ciência pode contribuir para sua formação como cidadão?
- Se você fosse estudar o ambiente retratado acima, que fatores levaria em consideração? Como organizaria seus estudos?

1. Biologia: ciência da vida

A palavra “biologia” significa “estudo da vida” (do grego *bíos* = vida; *logia* = estudo) e é empregada para denominar uma ciência que busca compreender os mecanismos que regem a vida. Na Biologia estuda-se, por exemplo, a origem e a evolução dos seres vivos, as relações dos seres vivos entre si e com o meio ambiente, o modo como os organismos se mantêm vivos e se reproduzem e noções de higiene e saúde.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS), o estado de saúde de uma pessoa envolve o completo bem-estar físico, mental e social, e não apenas a ausência de doenças. Noções de higiene e saúde são importantes, pois estamos a todo o momento tomando decisões sobre o que e quando comer ou beber, quais exercícios físicos fazer e por que, enfim, sobre muitos aspectos que compõem o nosso estilo de viver (Fig. 1.2).

Estudar Biologia também nos ajuda a entender os mecanismos básicos relacionados à nutrição, ao sexo e à reprodução, às doenças sexualmente transmissíveis como a Aids, aos malefícios do fumo, das bebidas alcoólicas e de outras drogas. Deste modo, procuraremos levar a você conhecimentos importantes para que suas escolhas quanto à manutenção da saúde sejam conscientes e para que você tome decisões mais responsáveis sobre a sua própria vida.

O estudo da Biologia, assim como o de outras disciplinas, deve proporcionar a você a possibilidade de entrar em contato com diversas questões ligadas à ética e à cidadania.

Falamos em ética quando nos referimos a valores e princípios que norteiam a conduta humana, buscando o bem social. Por exemplo, ao tratarmos de temas como manipulação do material genético dos seres vivos, produção de organismos transgênicos, clonagem, células-tronco e problemas com o lixo e com o esgoto, seus

valores éticos serão importantes para a sua análise crítica nas discussões.

Falamos em cidadania quando nos referimos a um conjunto de normas que garantem a todos nós a possibilidade de participar ativamente da vida e do governo de nosso povo. Exercer cidadania é justamente ser ativo nessa tarefa. Para que sejamos cidadãos responsáveis, devemos ser capazes de fazer escolhas, conscientes dos nossos direitos e deveres como indivíduos e dos direitos e deveres das outras pessoas, buscando o nosso bem-estar e o da coletividade.

Exercemos cidadania quando analisamos questões que permeiam os âmbitos social, político e econômico, como a implantação de indústrias em determinadas regiões, o controle de poluentes, a construção de estradas, edifícios, usinas hidrelétricas e muitos outros casos. Nesses exemplos, é importante, como cidadão, ter noções mínimas de características do meio ambiente para poder avaliar ou reconhecer diversas opiniões sobre o assunto. Devemos estar atentos se medidas de respeito à natureza estão sendo empregadas e se as intervenções humanas no ambiente trarão ou não prejuízos. É importante procurar saber se uma determinada obra terá um desenvolvimento eficiente em termos ecológicos, ou seja, se as interações entre as intervenções humanas e o ambiente não trarão prejuízos para o ambiente e os seres vivos.

Com o estudo da Biologia, pode-se entender que, além da diversidade de organismos e de ambientes que existe no mundo, há muita diversidade entre as pessoas. Respeitar a diversidade em todos esses âmbitos também faz parte do exercício da sua cidadania.

Ao longo dos livros desta coleção, você encontrará situações nas quais poderá atuar como multiplicador de princípios e atitudes éticas junto à sua comunidade. Essa é uma forma de mobilização popular e você estará exercendo cidadania.

Figura 1.2. Um dos caminhos para o bem-estar é a interação física e mental saudável com o ambiente e a prática de exercícios físicos. >





A ISO, O VERDE E VOCÊ

A *International Standardization Organization* (ISO), que em português significa “Organização Internacional de Normatização”, é uma entidade mundial fundada em 1947 para desenvolver normas internacionais que garantam a qualidade dos produtos da indústria.

O conjunto de sistemas de gestão de qualidade compõe a ISO 9 000. Ela garante ao consumidor que padrões internacionais foram tomados para assegurar a qualidade final dos produtos consumidos. Para a empresa, a ISO 9 000 proporciona maior aceitação de seus produtos e serviços pelos consumidores e pelos mercados internacionais, já que alguns exigem essa certificação para a entrada desses produtos e serviços em seus países.

Atualmente, a ISO também certifica empresas com base na ISO 14 000, a chamada ISO verde (Fig. 1.3). O objetivo dessas normas é estabelecer diretrizes para a gestão ambiental nas empresas, no que diz respeito aos impactos imediatos e de longo prazo, tanto de produtos como de projetos e processos industriais. Ao considerar esses impactos, devemos sempre procurar conhecer sua origem, de maneira que o planejamento permita que eles sejam evitados ou reduzidos. Para tanto, o conhecimento que a Biologia gera é fundamental. No mundo corporativo atual, nem sempre a “consciência ecológica” é suficiente para que uma empresa resolva adotar a ISO verde. No entanto, há diversos outros motivos para que isso seja feito, dentre os quais podemos citar:

- aumento na eficiência dos processos de produção, pela redução do desperdício de matérias-primas e de energia, com foco em maiores lucros;
- interesse em aumentar os lucros com o mercado dos chamados produtos verdes, isto é, ecologicamente corretos, que vêm sendo cada vez mais procurados pelos consumidores, em decorrência da aceitação cada vez maior da ideia de consumo consciente;
- adoção de sistemas de gestão e procedimentos que atendam à fiscalização governamental e diminuam as ocorrências de acidentes ambientais ou desastres ecológicos (passíveis de processos e multas);
- redução dos altos custos com apólices de seguro por acidentes ecológicos, que tenderão, com a adoção de procedimentos certificados, a ter sua ocorrência reduzida.

E você? Quais seriam seus motivos, como cidadão, para comprar um produto com certificação ISO verde?

Texto escrito especialmente para este livro por Carlos Eduardo Rogério, administrador de empresas.

Figura 1.3. A ISO verde é uma norma internacional que estabelece diretrizes para a gestão ambiental nas empresas.

2. A Biologia como ciência

A palavra “ciência” vem do latim *scientia*, que significa conhecimento. O termo “ciência” pode ser interpretado de diferentes maneiras, que são amplamente discutidas na Filosofia, área das Ciências Humanas. Adotaremos como concepção de ciência um modo organizado de buscar e analisar evidências sobre a história e o funcionamento do mundo natural. Assim, um dos objetivos da ciência é fornecer explicações para eventos do mundo natural. Outro objetivo é usar essas explicações para entender padrões na natureza e fazer previsões do que pode acontecer em dados eventos naturais. A ciência gera conhecimento e é dinâmica, ou seja, está em constante desenvolvimento.

Embora a quantidade de conhecimentos científicos esteja crescendo rapidamente e hoje saibamos bastante a respeito do mundo natural, há ainda muitos

conhecimentos a serem produzidos e descobertos. Muitas perguntas sobre a vida, sobre o mundo e sobre fenômenos que observamos ainda nem foram feitas, e há perguntas que, apesar de já terem sido feitas, continuam sem respostas, mesmo que muitas pessoas tenham colaborado e estejam colaborando para solucioná-las. Pode parecer estranho, mas quase todas as descobertas científicas trazem mais perguntas do que respostas. Em certos casos, descobertas nos levam a interpretações completamente diferentes das que tínhamos até então, mudando nossa visão de mundo. Isso é uma consequência do dinamismo da ciência.

A construção do conhecimento científico é feita com base em **procedimentos científicos**.



E agora? Será que quebrou?

Apesar de parecer algo distante da vida das pessoas, a ciência está em nosso cotidiano e usamos alguns dos procedimentos científicos para solucionar questões do dia a dia, mesmo sem perceber.

Suponha que você vá jogar *videogame* e, ao ligar a TV, perceba que ela não está funcionando (Fig. 1.4). Logo vai se perguntar: por que será que ela não funciona? Para tentar responder a essa pergunta, vai recorrer ao que sabe a respeito do que é preciso para uma televisão funcionar. Vai buscar explicações e selecionar as que considera mais importantes para responder à pergunta. Pode ser que a TV esteja desconectada da corrente elétrica. Para testar isso, você verifica se o plugue está encaixado na tomada. Se não estiver, você o conecta e, novamente, tenta ligar a TV. Se ela funcionar, o problema foi resolvido, se não, você deve pensar em outra alternativa para ser testada. Pode ser que a tomada que usou não esteja funcionando, e você, então, tenta ligar a TV em outra tomada. Se ela funcionar, o problema foi resolvido.

Proponha outra situação do seu cotidiano em que você precise estabelecer procedimentos para solucionar um problema.

Professor(a), desenvolva com os estudantes a sugestão de atividade extra “Desvendando a caixa-preta”, descrita nas Orientações didáticas, ao final do Manual do Professor. Com ela será possível trabalhar elaboração de hipóteses, interpretação de resultados e elaboração de modelos.



Mike Kemp/Rubberball/Getty Images

Figura 1.4. Quando uma TV não funciona, buscamos explicações para solucionar o problema.

A partir de uma **pergunta** buscamos respostas com base no que já sabemos a respeito daquele assunto e formulamos uma explicação que possa ser testada, a **hipótese**.

Além de ser testável, para que a hipótese possa ser considerada científica, deve poder ser **refutável**, ou seja, deve permitir que novos testes mostrem que ela não é verdadeira. Se uma hipótese for **refutada**, outras deverão ser formuladas e novos testes realizados. Uma hipótese que não foi refutada depois de muitos testes, é considerada **corroborada**. Isso não quer dizer que ela não possa vir a ser refutada. Mesmo uma hipótese corroborada só se mantém válida até que surjam casos em que seja derrubada. Nessa situação, uma nova hipótese é proposta e testada, e assim por diante. Portanto, hipóteses nunca podem ser provadas; apenas corroboradas ou refutadas. Vamos ver um exemplo. Considere a pergunta: qual a cor das penas dos cisnes? Com base em observações prévias em vários lagos, minha hipótese é de que todos os cisnes são brancos. Agora preciso testar essa hipótese fazendo uma dedução. **SE** todos os cisnes são brancos, **ENTÃO** o próximo cisne que eu encontrar será branco. Posso encontrar centenas de cisnes brancos que comprovam essa hipótese, mas basta encontrar apenas um cisne negro que a hipótese é refutada. No exemplo da televisão, foi aplicado esse raciocínio: **se** a hipótese de que a TV não liga porque está fora da

tomada estiver correta, **então**, ao ligá-la na tomada a TV vai funcionar.

Essa maneira de estruturar a investigação é chamada **hipotético-dedutiva**; a partir do geral procura-se explicar o particular. A dedução é uma previsão sobre quais resultados deveríamos esperar se uma hipótese for correta. O teste da hipótese pode ser feito de diferentes maneiras, com experimentos, com a observação da natureza e com a interpretação do que foi observado.

Quando o teste é feito por meio de experimentos, deve-se trabalhar com dois grupos:

- um **experimental**: aquele em que se promove alteração em um fator a ser testado, deixando todos os demais fatores sem alteração;
- um **controle**: que é submetido aos fatores sem nenhuma alteração. Assim, pode-se testar um fator por vez comparando os resultados obtidos no grupo experimental com o que foi obtido no grupo controle.

Ocorrendo diferenças entre os resultados do grupo experimental e os do controle, elas são atribuídas ao fator que está sendo testado. Não ocorrendo diferenças, pode-se dizer que o fator analisado não interfere no processo em estudo.

As conclusões obtidas a partir das respostas encontradas podem iniciar novas perguntas, hipóteses e assim por diante.

Os cientistas compartilham informações por meio de publicações (como as revistas científicas), encontros, congressos e comunicações pessoais. Com isso, os conhecimentos científicos estão constantemente em debate.

O diagrama ao lado (Fig. 1.5) resume o que foi explicado. Note no diagrama que algumas das etapas estão ligadas com setas que possuem dois sentidos, ou seja, a interligação entre as etapas muitas vezes é cíclica.

É muito comum também, na Biologia, além do raciocínio hipotético-dedutivo, a investigação pautada em observações e descrições detalhadas e cuidadosas da natureza, de organismos e de processos, que constitui a chamada **ciência descritiva**. Nela, não são formuladas hipóteses. É o caso das investigações que descrevem a anatomia das células, dos tecidos, dos órgãos e dos organismos. Em outros casos, as respostas às perguntas são buscadas por meio da chamada **narrativa histórica**, em que evidências concretas de fatos passados são interpretadas, e essas interpretações, por mais lógicas

Professor(a), note que, para testar uma hipótese, precisamos raciocinar dedutivamente, uma vez que nossas observações dizem respeito às previsões que fizemos.

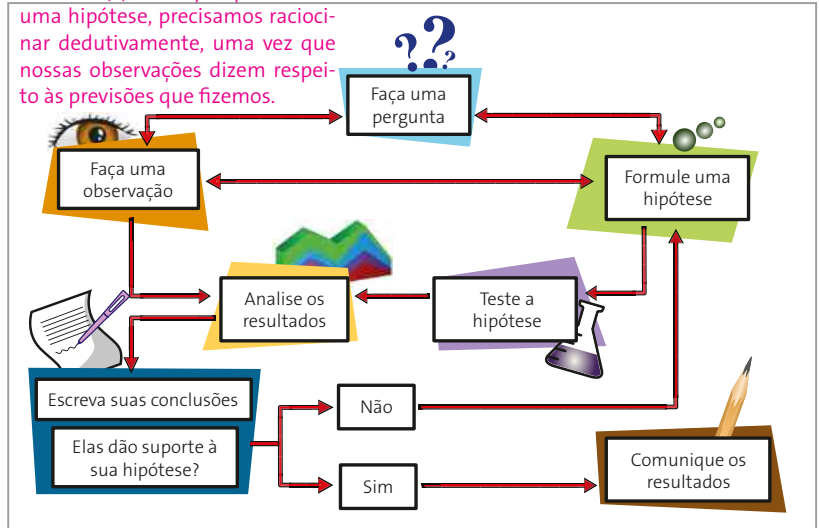


Figura 1.5. Representação esquemática das etapas de investigações científicas, com teste de hipótese por meio de experimentos.

que sejam, nem sempre podem ser experimentalmente testadas.

Em suma, o campo da ciência é tão amplo e diversificado que uma só receita (ou “método científico”) não atende a todos os tipos de questionamentos que podem ser feitos. Assim, dizer que há um único “método científico” para se fazer ciência é uma simplificação inadequada.

Colocando em foco

MÉTODO EXPERIMENTAL E OUTROS MÉTODOS DE TESTE DE HIPÓTESE

[...]

Quanto à caracterização da ciência, um primeiro problema diz respeito também à diversidade do que pode ser denominado como tal. Sob esse rótulo há uma variedade imensa de práticas de conhecimento. Em uma primeira aproximação, pode-se pensar em ciências naturais e humanas. Porém, com essa divisão estamos ainda muito longe de avaliar a diversidade que ali se esconde.

O que se chama ‘ciências naturais’ é composto por um conjunto enorme de disciplinas e subdisciplinas. Além disso, essa aproximação enganosa faz com que muitos acreditem em uma unidade da ciência e que todos os seus campos são regidos por um método único que garante o bom conhecimento científico. Isso não é verdade. O método experimental, por exemplo, embora amplamente divulgado como marca da ciência, não é característico de todas as áreas das ciências naturais. Nem toda hipótese científica pode ser testada em laboratório. Hipóteses históricas, que postulam causas passadas para fenômenos observados atualmente, fornecem um bom contraexemplo à ideia de um método universal. Atrelar ciências naturais e método experimental é suprimir das ciências tradições como biologia evolutiva, paleontologia, astronomia e astrofísica e, juntamente, lançar fora teorias robustas, como as teorias do *big bang*, da deriva continental e da evolução.

Outra dificuldade relacionada à caracterização da ciência diz respeito ao chamado ‘problema da demarcação’, ou seja, a tentativa de definir ciência e separá-la de outras formas de conhecimento. A busca por definir ciência tem longa história, e a ascendência do problema da demarcação pode ser rastreada até o filósofo grego Aristóteles (384-322 a.C.). No entanto, todas acabaram por mostrar seus limites e um consenso sobre a melhor definição não foi atingido. Tal situação leva a crer que se deve ter consciência de que a busca de um critério rígido de demarcação da ciência talvez seja uma tarefa estéril.

[...]

COUTINHO, F. A. C.; RODRIGUES E SILVA, F. A. Ciência e religião: uma guerra desnecessária. *Revista Ciência Hoje On-line*. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2013/304/pdf_aberto/cienciaereligiao304.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

As pesquisas científicas, além de serem publicadas em revistas científicas e discutidas entre os pesquisadores, precisam chegar até a sociedade para que o conhecimento possa ser mais disseminado. A transposição desse conhecimento científico para a sociedade pode ser feita, por exemplo, pelos livros didáticos, como este que você está lendo, por revistas e jornais de grande circulação, por *sites* de instituições de pesquisa e de meios de comunicação confiáveis, por programas televisivos e outros. Em cada caso, há uma linguagem específica para a transmissão dessas informações. As características dessas diferentes linguagens são alvo de estudo de uma área do conhecimento com a qual você entrará em contato de forma mais aprofundada na disciplina de Língua Portuguesa. Textos científicos, didáticos e de divulgação possuem características próprias, pois têm como objetivos atingir o público a que se destinam e ter repercussão.

A pesquisa científica pode levar à formulação de **teorias e leis**.

Na linguagem popular, a palavra “teoria” é tratada como sinônimo de hipótese, possibilidade ou mesmo suposição. Em ciência, no entanto, essa palavra tem outro significado. De acordo com o físico Stephen Hawking, uma teoria deve satisfazer a dois requisitos: precisa descrever com precisão um número razoável de observações, com base em dados confiáveis; e deve prever, com boa margem de precisão, resultados de observações futuras.

Uma teoria não é uma verdade absoluta. Muitas teorias já foram refutadas ao longo da história da ciência. Você terá exemplos disso ao longo de seu curso no Ensino Médio, ao estudar as diferentes ciências, como Biologia, Química e Física.

O biólogo estadunidense Stephen J. Gould (1941-2002) escreveu: “Os fatos são os dados do mundo. As teorias são estruturas que explicam e interpretam os fatos. Os fatos continuam a existir enquanto os cientistas debatem teorias rivais para explicá-los”.

As **leis científicas** são descrições específicas e concisas sobre como se espera que se comporte determinado aspecto do mundo natural, em uma dada condição. Elas expressam relações regulares entre fenômenos naturais observáveis. Um exemplo é a Lei da Inércia. Segundo essa lei, um corpo tem a tendência de manter o seu estado de repouso ou de movimento, desde que nenhuma força atue sobre ele. A Lei da Inércia explica, por exemplo, a importância do uso de cinto de segurança nos veículos. Em uma batida de frente, o carro para repentinamente, mas, devido à inércia, os ocupantes do carro continuam em movimento. O cinto de segurança é um dispositivo presente nos carros que impede esse movimento. Com isso, são reduzidos os danos físicos aos ocupantes do veículo.

Assim como as teorias, as leis podem ser mudadas ou rejeitadas, e outras serem formuladas.

3. Biologia e outros saberes

A Biologia faz parte de uma área maior do conhecimento chamada Ciências da Natureza, que inclui também a Química e a Física. Essas três ciências têm uma relação muito próxima com a Matemática. Nesta coleção, buscamos evidenciar isso, mostrando a você que muitos conceitos de Biologia são interligados à Química e à Física e que a Matemática é fundamental na interpretação e no tratamento de diversas informações. Vamos a dois exemplos: ao falarmos em equilíbrio térmico nos seres vivos, você perceberá que estamos tratando de princípios e conceitos estudados também nas disciplinas de Física e Química; ao analisarmos as moléculas que formam o corpo dos seres vivos, estamos utilizando os mesmos conceitos sobre molécula que você estudará em Química. Há ainda muitos outros exemplos dessa integração, e certamente você os perceberá ao estudar as disciplinas desta área de conhecimento.

A essa visão integrada, somam-se também outras áreas do conhecimento, como as Ciências Humanas. Você verá, por exemplo, que a Geografia e a Biologia dialogam em vários momentos, como nos estudos so-

bre ecossistemas, crescimento da população humana, problemas socioambientais, entre outros. Além disso, você perceberá que a construção do conhecimento científico permeia os diferentes momentos históricos da humanidade, e que os contextos econômico, social e cultural têm papel determinante para os rumos do desenvolvimento científico. Assim, História, Filosofia e Sociologia são fundamentais para a compreensão do desenvolvimento da Biologia e de como essa ciência se encontra atualmente.

A comunicação entre pessoas, o modo como registramos nossos pensamentos e transmitimos nossas ideias dependem de outra grande área do saber, que é a de Linguagens e Códigos. Essa área inclui as disciplinas de Língua Portuguesa e Língua Estrangeira, Arte e Educação Física. Recorremos a todo momento a conteúdos dessas áreas para nossa comunicação e interação, o que evidencia a importância do domínio desses saberes para o aprendizado e a prática da Biologia. No caso da Educação Física, a interação com a Biologia é enorme, pois envolve conhecimentos do funcionamento do nosso corpo.

Quando os saberes de uma disciplina mantêm um diálogo permanente com os saberes de outra(as) disciplina(s), falamos em **interdisciplinaridade**. A interdisciplinaridade é uma característica das explicações. Fenômenos naturais não são compartimentalizados em disciplinas. Sua descrição, ou explicação, envolve elementos de várias áreas do saber.

A **figura 1.6** representa bem o significado que queremos passar para você. Na natureza existem padrões que só se explicam pela integração de conhecimentos mais específicos de diferentes áreas. Vamos imaginar que cada tinta colorida corresponda aos saberes associados a uma disciplina ou área do conhecimento. Para explicarmos os fenômenos naturais, precisamos da interação desses vários saberes, o que é representado pela fotografia na qual as tintas estão misturadas, mas ainda é possível reconhecer as cores que representam as especificidades de cada saber. Nessa segunda imagem ainda podemos reconhecer mais uma ideia, que nunca poderia ser descrita apenas com a informação contida na imagem superior: é o **padrão** com que as cores se distribuem na pintura.

Nesta coleção, pretendemos trabalhar, sempre que possível, com uma perspectiva interdisciplinar no texto e nas atividades, mas esperamos que você adquira a habilidade de reconhecer a interdisciplinaridade sozinho, compreendendo que o conhecimento não é algo isolado em disciplinas. Explicações interdisciplinares são mais consistentes e completas quando estamos tratando de fenômenos naturais, que geralmente envolvem aspectos físicos, químicos e biológicos. Você vai perceber isso!



▲ **Figura 1.6.** Os saberes são organizados de maneira que seja mais fácil estudar e compreender suas especificidades, mas para explicar fenômenos naturais é necessário integrar conhecimentos de vários saberes.

Colocando em foco

CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

[...]

Infelizmente, percebe-se muito pouco como a Ciência está presente em nosso cotidiano. Quase tudo que temos em nossa volta, de uma certa forma, surgiu a partir das aplicações de descobertas científicas – porém, é quase certo que, na época em que foram realizadas, sequer se vislumbrava a possibilidade de transformação daquele conhecimento em inovação tecnológica.

Mas a ciência e a tecnologia sempre andaram, de alguma maneira, de mãos dadas. Uma depende da outra. As ciências básicas, como a Física, a Química e a Biologia, investigam as propriedades fundamentais da matéria e dos seres vivos para tentar compreender como estes se comportam. A Física, por exemplo, ao estudar as propriedades magnéticas, elétricas e térmicas de materiais, consegue compreender fenômenos fundamentais que posteriormente se transformam em inovações tecnológicas presentes no dia a dia. Lâmpadas de LED, computadores e outros dispositivos eletrônicos somente foram possíveis de serem desenvolvidos a partir da compreensão dos fenômenos quânticos da matéria.

É de fundamental importância que esses resultados, tanto científicos como tecnológicos, sejam divulgados para outros cientistas. Publicações acadêmicas, como artigos em revistas especializadas, como *Nature* e *Science*, para citar as duas mais importantes do mundo, são um veículo para essa divulgação. Não podemos falar que houve uma descoberta científica se ela não for divulgada. Nas revistas acadêmicas, os artigos somente são publicados a partir de pareceres feitos por outros cientistas que contestam ou concordam com os resultados apresentados – uma maneira para que os resultados, a partir de uma análise crítica, possam ser validados posteriormente por outros cientistas.

Outra forma de divulgar resultados é a apresentação em eventos científicos, que são importantes para se debater os achados. Reuniões científicas normalmente são feitas para uma determinada área do conhecimento, mas também existem reuniões mais amplas onde muitos temas são abordados e há uma troca de experiências interdisciplinar.

[...]

OLIVEIRA, A. Luz, ciência e ação! Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/fisica-sem-misterio/luz-ciencia-acao/?searchterm=tecnologia%20e%20sociedade>>. Acesso em: maio 2016.

4. Os níveis de organização biológica

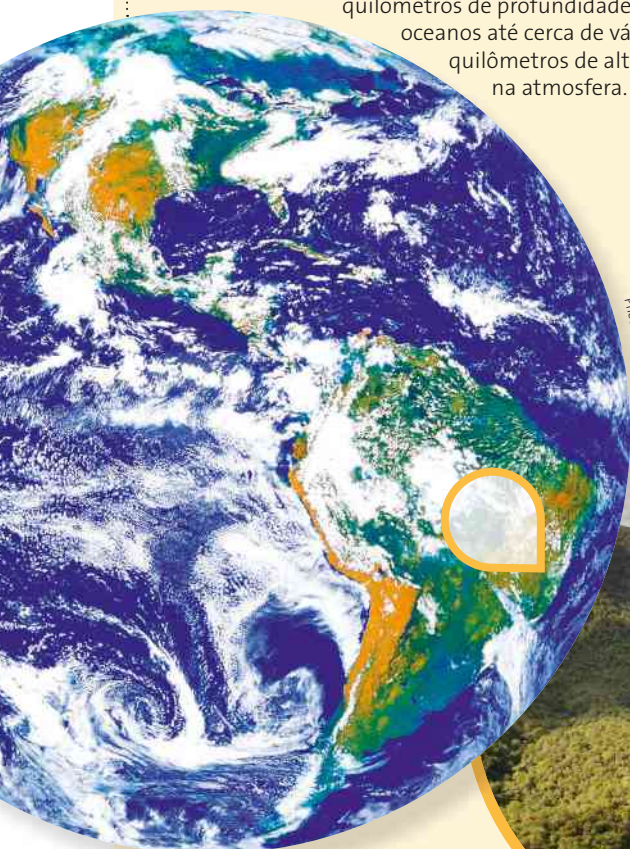
A enorme diversidade de temas que são estudados pela Biologia pode ser organizada em níveis hierárquicos (Fig. 1.7). Cada nível tem seus próprios métodos e explicações, que trazem informações integradas na solução das questões biológicas.

Neste livro, começaremos o nosso estudo pelo planeta Terra como ele é hoje, abrangendo biosfera, ecossistemas, comunidades e populações, que são níveis hierárquicos de organização estudados por uma das subdivisões da Biologia: a Ecologia. Uma vez compreen-

dida a estrutura e algumas bases sobre o funcionamento do nosso planeta na atualidade, passaremos a fazer uma retrospectiva de como poderia ter sido a sua origem. Será que a Terra sempre foi como a conhecemos hoje? Discutiremos hipóteses sobre a origem e a evolução da célula. A subdivisão da Biologia que se ocupa do estudo da célula é a Citologia, ou Biologia Celular. Para compreendermos esse tema, precisaremos de noções de Bioquímica, que serão dadas de forma suficiente e adequada ao Ensino Médio.

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO BIOLÓGICA

1 Biosfera – inclui todas as regiões da Terra habitadas por seres vivos: oceanos, lagos, rios, atmosfera e continentes. Essa “esfera da vida” não é homogênea, em função de vários fatores locais, mas podemos dizer que se estende desde vários quilômetros de profundidade nos oceanos até cerca de vários quilômetros de altura na atmosfera.

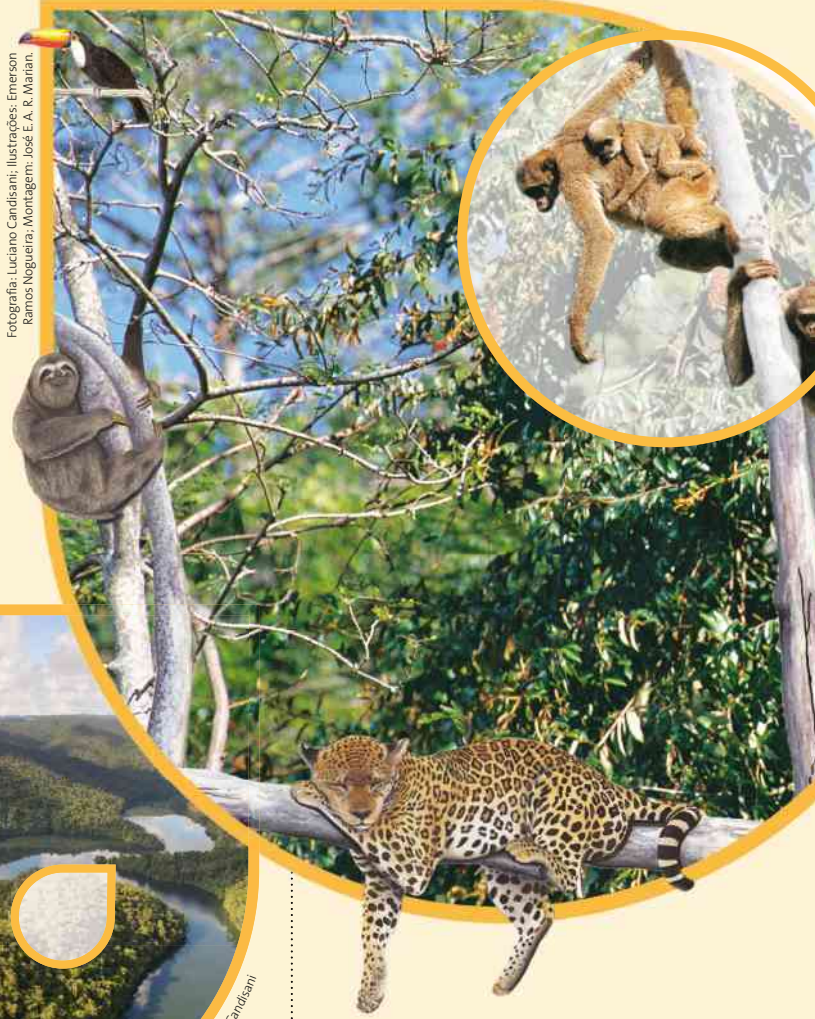


photodisc/Getty Images

2 Ecossistemas – compreendem todos os seres vivos e todos os fatores físicos e químicos de uma área particular. Em um ecossistema há interação entre os seres vivos e entre os seres vivos e os fatores físicos e químicos do ambiente, formando uma unidade funcional em que se verifica fluxo de energia e ciclo de matéria. Todos os ecossistemas da Terra constituem a biosfera.



Luciano Candiani



Fotografia: Luciano Candiani; Ilustrações: Emerson Ramos Nogueira; Montagem: José E. A. Mariani.

3 Comunidade (biocenose ou biota) – é composta por todos os seres vivos que habitam um determinado ecossistema. Isso inclui os organismos que conseguimos visualizar a olho nu e os demais, que só são visíveis por meio de um microscópio. Por exemplo, todas as plantas, todos os animais, fungos e bactérias.



4 População – inclui todos os indivíduos de uma mesma espécie de ser vivo que habitam um determinado local. Por exemplo: todas as árvores de uma espécie de planta que ocorrem em um bosque, todos os indivíduos de uma só espécie de macaco que ocorrem em uma área. O conjunto de todas as populações que habitam um determinado local forma uma comunidade.



5 Organismo – corresponde a cada indivíduo de uma população. Por exemplo: cada árvore, cada macaco, cada bactéria é um organismo.



6 Sistemas e órgãos – organismos formados por mais de uma célula apresentam outros níveis de hierarquia estrutural. Como estamos analisando os níveis de organização biológica em ordem decrescente, o próximo nível é o dos sistemas. Um macaco, por exemplo, tem o corpo formado por conjuntos de órgãos que colaboram em uma função específica do corpo. Esse conjunto forma um sistema. É o caso do sistema muscular, que é formado por órgãos chamados músculos, que atuam em conjunto na função de movimentação de partes do corpo. O órgão é cada uma das partes de um sistema.

7 Tecido – cada órgão é formado por um conjunto de tecidos e cada tecido corresponde a um conjunto de células que atuam de modo integrado na realização de funções específicas. Alguns organismos multicelulares não apresentam esse nível de organização biológica: eles não apresentam tecidos apesar de serem formados por muitas células. Consequentemente, não apresentam órgãos nem sistemas.

8 Célula – é a unidade morfológica e funcional dos seres vivos. Muitos organismos são formados por uma só célula que realiza todas as funções da vida; os unicelulares, consequentemente, não apresentam os níveis de organização de tecidos, sistemas e órgãos. Nos multicelulares, há divisão de trabalho entre as células do corpo. Por exemplo: uma célula muscular realiza a função de contração, uma célula nervosa realiza a função de recepção e transmissão de estímulos.

9 Molécula – cada molécula é formada por dois ou mais átomos. O estudo da vida no nível molecular é hoje uma das áreas de grande desenvolvimento dentro da Biologia e tem trazido muitas informações importantes para a compreensão de ampla gama de processos. A Biologia Molecular interage com vários outros campos dentro e fora da Biologia.

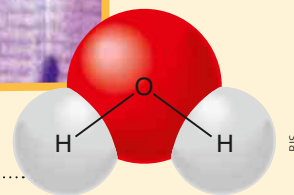


Figura 1.7. A investigação da vida ocorre em diversos níveis de organização biológica, desde a biosfera até a molécula. (Elementos representados fora de escala.)

5. Características dos seres vivos

Como já comentamos, a Biologia é o estudo da vida. Mas o que é vida?

Para tentar responder a essa pergunta, muitas considerações teóricas e filosóficas foram e ainda são feitas, sendo esse um tema bastante polêmico. Assim, muitas vezes, em vez de se discutir o que é vida, passa-se a discutir quais características definiriam um ser vivo. Essas características são listadas sem a preocupação de discutir o conceito de vida. Ainda assim, há discordâncias entre os pesquisadores a respeito de qual seria a melhor escolha de características para tal fim. Por exemplo, há os que definem ser vivo como aquele que apresenta ciclo vital, ou seja, nasce, cresce, se reproduz e morre. Essa definição, entretanto, não se aplica a muitos organismos, como é o caso das bactérias, em que uma célula inicial se divide em duas, cada uma cresce e se divide de novo e assim por diante. O que seria “morrer” para esses organismos, se uma célula se divide e forma outras duas? Aquela célula inicial morreu? E o que dizer, por exemplo, do ciclo vital de uma pessoa? Ela pode viver sem jamais vir a ter filhos. O fato de não se reproduzir não é relevante para que ela seja considerada um ser vivo.

Apesar dessas dificuldades, vamos aqui resumir algumas das características mais gerais dos seres vivos, sabendo que esse resumo não está livre de críticas.

- Os seres vivos são formados por uma ou mais **células**, estruturas delimitadas por membrana e que contêm em seu interior citoplasma e material genético, que é o **ácido nucleico DNA**.
- Os elementos químicos mais abundantes no corpo dos seres vivos são carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), fósforo (P) e enxofre (S). O carbono é o elemento fundamental para a formação de **substâncias orgânicas**, caso dos carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos (DNA e RNA). Além de substâncias orgânicas, no corpo dos seres vivos há também **substâncias inorgânicas**, caso da água e dos sais minerais.
- Os seres vivos mantêm o meio interno constante mesmo quando as condições externas mudam. Essa propriedade é chamada **homeostase**.
- Os seres vivos podem se **reproduzir**, isto é, podem dar origem a descendentes. São duas as formas de reprodução: a **assexuada**, na qual um único indivíduo produz descendentes iguais a ele, e a **sexuada**, em que há formação e união de gametas. Na reprodução sexuada, o indivíduo formado será semelhante, mas não idêntico aos pais.
- Os seres vivos **precisam de água** para sobreviver. Embora existam formas de resistência que permanecem dormentes na ausência de água, assim que a água fica novamente disponível, a dormência é quebrada e o organismo passa a viver normalmente.
- Os seres vivos obtêm e usam matéria e energia para seu crescimento e reprodução. A combinação de reações químicas pelas quais um organismo constrói (**anabolismo**) ou quebra (**catabolismo**) matéria chama-se **metabolismo**. Os seres vivos **crecem** graças aos processos metabólicos.
- Os seres vivos **detectam e respondem a estímulos** do meio. Têm, assim, capacidade de **reação**.
- Os seres vivos **evoluem**, ou seja, ao longo das gerações, populações de uma mesma espécie apresentam mudanças e eventualmente podem diferenciar-se a ponto de gerar novas espécies.

6. Evolução, o princípio unificador da Biologia

O entendimento de que as populações de seres vivos evoluem passou por uma longa discussão envolvendo pesquisadores e sociedade. A história da ciência tem muito a nos contar sobre isso. As ideias evolutivas ainda provocam algumas polêmicas e discordâncias, mas, para a grande maioria da comunidade científica, a evolução é o eixo central da Biologia.

Antes da compreensão de que as espécies mudam ao longo do tempo, podendo levar ao surgimento de novas espécies, aceitava-se o **fixismo** ou **imutabilidade** das espécies. Essa corrente de pensamento afirmava que o

número de espécies existentes era o mesmo desde a origem do mundo e que os organismos sempre existiram com as características que apresentam atualmente, ou seja, não mudaram ao longo do tempo. Essa ideia foi e ainda é contestada por vários cientistas, com base em grande quantidade de dados coletados na natureza e em estudos experimentais que corroboram os processos evolutivos. Desde meados do século XIX, o pensamento evolucionista tornou-se amplamente aceito pela comunidade científica, a ponto de ser por grande parte dela considerado o eixo central da Biologia.

Para introduzirmos o tema evolução, que será mais amplamente discutido em outros momentos do curso de Biologia, vamos destacar dois importantes evolucionistas ingleses: Alfred Russel **Wallace** (Fig. 1.8) e Charles Robert **Darwin** (Fig. 1.9). Ambos, trabalhando de modo independente, formularam ideias muito próximas: as espécies mudam ao longo do tempo, ou seja, evoluem, por **seleção natural**.

As ideias de Darwin e Wallace foram apresentadas à comunidade científica em um mesmo evento, em 1858. No ano seguinte, Charles Darwin publicou a primeira edição do livro que começaria a mudar a história da Biologia: *A origem das espécies* (Fig. 1.10).



Figura 1.8. Alfred Wallace (1823-1913).

Segundo a teoria da evolução por seleção natural, os indivíduos de uma população não são idênticos entre si e nascem mais indivíduos do que o ambiente pode suportar. Sem recursos em quantidades adequadas para todos os indivíduos, ocorre competição. Aqueles com características herdáveis que sejam mais vantajosas para uma dada situação têm mais chances de conseguir os recursos do meio, sobreviver e, conseqüentemente, se reproduzir, passando essas características vantajosas aos seus descendentes. Esse processo, que ocorre ao longo do tempo, leva a modificações na população. Assim, o meio seleciona naturalmente aqueles indivíduos com características que lhes conferem maiores chances de sobrevivência e reprodução em uma dada condição ambiental. Essas características selecionadas são consideradas **adaptações** àquela condição. Mudando a condição ambiental, mudam-se as características selecionadas.

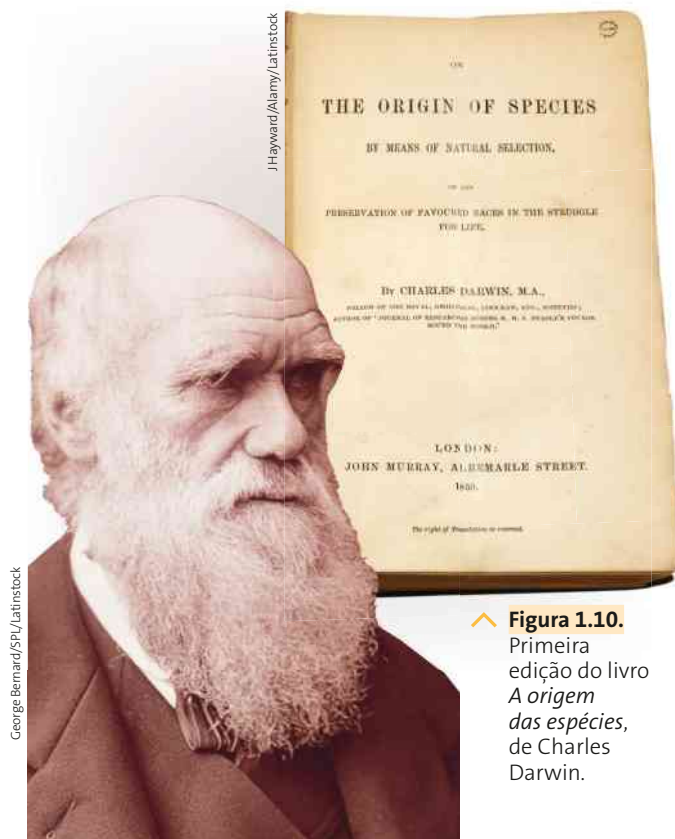


Figura 1.9. Charles Darwin (1809-1882).

Para haver evolução é fundamental que exista variabilidade entre os indivíduos da população. À época de Darwin, as explicações a respeito do que gera a variabilidade e como ocorre a transmissão das características hereditárias ao longo das gerações eram ainda incipientes. Apesar disso, as ideias de Darwin acerca da evolução por seleção natural não foram comprometidas, pois ele apresentou dados abundantes e consistentes que as corroboraram.

A explicação mais completa a respeito do que gera a variabilidade na população e como ocorre a transmissão das características hereditárias só surgiu mais tarde, com o desenvolvimento de uma área da Biologia chamada Genética. Foram necessárias décadas até que as noções dessa área fossem incorporadas às explicações evolutivas. Sabe-se, por exemplo, que, ao longo das gerações, o DNA é transmitido das gerações parentais para as novas gerações e que variações nas populações podem surgir por mutações, que são modificações no DNA.

Hoje se sabe que existem outros fatores importantes nos processos evolutivos, como o acaso. Certas condições que ocorrem ao acaso podem eliminar ou manter nas populações alguns indivíduos, independentemente de terem ou não adaptações vantajosas naquele ambiente. Isso ocorre, por exemplo, durante uma queimada, evento que pode eliminar aleatoriamente indivíduos de uma população.

Os processos evolutivos ainda são objetos de pesquisa e há continuamente produção de novos conhecimentos sobre Evolução, sendo essa uma área da Biologia em pleno desenvolvimento.

Para entendermos melhor o processo de seleção natural, vamos analisar um exemplo real de experimentação realizado na década de 1970 pelo zoólogo estadunidense John Endler. Ele montou seu experimento utilizando uma espécie de peixe de aquário bem popular, o lebiste (*Poecilia reticulata*).

Os machos dessa espécie têm manchas com coloração viva, que atuam na atração de fêmeas. Essas manchas, no entanto, atraem também predadores. Observações anteriores sugeriam que, nos locais onde havia grande quantidade de peixes predadores, os lebistes machos (Fig. 1.11) tendiam a ter menos manchas coloridas, quando comparados àqueles que viviam em locais com menos predadores.

Para verificar experimentalmente esse fenômeno, Endler colocou grupos semelhantes de lebistes machos e fêmeas em três lagoas praticamente idênticas. A característica que variava entre essas lagoas era o fator “predadores”: enquanto em uma lagoa não havia predadores, na outra havia uma espécie predadora de lebistes e, na terceira, havia uma espécie de peixe que era predador, mas que não se alimentava de lebistes.

As três lagoas foram deixadas nessas condições por 20 meses, o que equivale a aproximadamente sete gerações de lebistes. Após esse período, Endler analisou as populações do peixe e constatou que, na lagoa onde havia predadores de lebistes, os machos dessa espécie tinham significativamente menos manchas coloridas nas caudas do que aqueles deixados nas outras duas lagoas. Como essa característica é hereditária, essa experiência forneceu forte evidência de que a quantidade

de manchas nas caudas de lebistes machos é uma característica que sofre seleção natural, pois os machos com menos manchas são menos predados, passando essa característica aos descendentes.

Há ainda inúmeros outros exemplos de atuação da seleção natural na evolução. Um deles pode ser dado pelos pandas-gigantes, atualmente ameaçados de extinção.

O panda-gigante (Fig. 1.12) vive nas florestas de bambu na China Oriental. Uma característica curiosa desses animais diz respeito a suas patas dianteiras: em vez de terem cinco dedos, como as dos demais mamíferos, as deles têm seis. O sexto dedo é chamado “dedão” e é oponível, ou seja, dispõe-se em ângulo de 90° em relação aos demais, como o polegar na espécie humana. Essa disposição dos dedos confere ao panda-gigante a capacidade de segurar o caule do bambu, que é seu principal alimento na natureza.

O dedão do panda-gigante é, na realidade, um osso muito aumentado do punho, com tendões e músculos associados. Esses animais derivaram de ancestrais com cinco dedos. Em algum momento da história evolutiva, devem ter nascido pandas com um dos ossos do punho mais desenvolvido, formando um sexto dedo, oponível. Os pandas-gigantes de seis dedos devem ter se tornado mais aptos a segurar o bambu e, consequentemente, a comer mais, sobrevivendo em maior número que os demais e deixando mais descendentes com essa característica. Ao longo do tempo, teriam sobrevivido apenas os pandas-gigantes de seis dedos, pois todos os indivíduos atuais são assim.

Nesta coleção, a visão evolutiva permeará todo o conteúdo, pois, nas palavras do biólogo ucraniano Theodosius Dobzhansky (1900-1975), “Nada em Biologia faz sentido a não ser sob a luz da evolução”.



Figura 1.11. Fotografia de um lebiste macho. Mede cerca de 3 cm de comprimento.



Figura 1.12. Fotografia de um panda-gigante. Mede cerca de 1,40 m de comprimento.



SELEÇÃO NATURAL E RESISTÊNCIA DE BACTÉRIAS A ANTIBIÓTICOS

Você já deve ter lido que um antibiótico deixou de ser eficiente para controlar determinada bactéria causadora de uma doença no ser humano. Isso ocorre porque as bactérias, como todos os seres vivos, sofrem pequenas mudanças de geração para geração. No caso das bactérias causadoras de doença, essas mudanças podem ter levado ao surgimento de indivíduos que respondem de modo diferente aos antibióticos.

No início do tratamento de determinada doença com um antibiótico, muitas bactérias morrem, pois são sensíveis à droga. Entretanto, como os indivíduos não são idênticos entre si, nessa população de bactérias podem existir algumas que sejam resistentes ao remédio; se o tratamento não for feito de acordo com as orientações médicas, essas bactérias resistentes irão se reproduzir e originarão descendentes, em sua maioria, também resistentes à droga. Surge, então, uma nova população de bactérias, sobre a qual aquele antibiótico tem pouco ou mesmo nenhum efeito.

Esse processo de seleção nos permite entender por que os antibióticos só podem ser tomados com prescrição médica e por que é importante seguir as recomendações de não interromper o tratamento antes do tempo, quando o paciente começa a se sentir melhor. Os antibióticos devem ser tomados durante um período contínuo estabelecido pelo médico. Atualmente, também se recomenda que, caso sobre antibiótico após o fim do tratamento, esse remédio seja levado para farmácias ou postos de saúde para ser descartado de forma segura.



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO



Vírus, viroides e príons: seres vivos ou não?

Os organismos vivos apresentam certas características que não são encontradas em objetos inanimados. Essas características foram listadas por muitos cientistas, como fizemos aqui. No entanto, tais listas diferem entre os pesquisadores, e é muito difícil escolher apenas uma delas como a melhor que todas as demais.

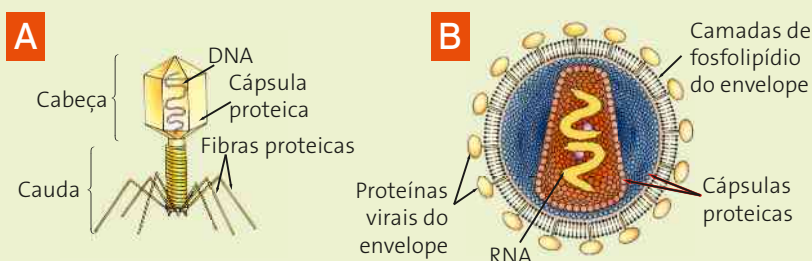
Procurando resolver essas questões, alguns biólogos propuseram definições mais gerais de seres vivos. Entre elas, pode-se citar a de John Maynard Smith, de 1986, segundo a qual “entidades com as propriedades de multiplicação, variação e hereditariedade são vivas e entidades que não apresentam uma ou mais dessas propriedades não o são”.

Apesar do grande esforço dedicado a esse assunto, essa ainda é uma questão polêmica, que gera debates calorosos no meio científico e mesmo fora dele.

Esse problema torna-se ainda maior quando nos deparamos com entidades como vírus, viroides e príons, que, embora não apresentem estrutura celular, têm algumas características bastante especiais.

Cada **vírus** é formado por um tipo de ácido nucleico (DNA ou RNA), protegido por uma ou mais cápsulas proteicas (veja os esquemas). Além disso, certos vírus possuem um envelope formado por membrana lipoproteica semelhante à das células.

Jurandir Ribeiro



< Esquemas de vírus feitos com base em observações ao microscópio eletrônico. **A.** Esquema de um bacteriófago (vírus que infecta bactérias), mostrando o DNA por transparência. Vírus sem envelope lipoproteico. **B.** Esquema da organização do vírus HIV visto em corte mediano. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Os vírus não têm estrutura celular e só adquirem manifestações vitais quando penetram células vivas, sendo, portanto, parasitas intracelulares obrigatórios.

Alguns pesquisadores consideram os vírus partículas infecciosas especiais, e não seres vivos. Outros consideram os vírus formas particulares de vida, com base nos seguintes argumentos: são formados por substâncias orgânicas, têm capacidade de reprodução (embora apenas quando penetram uma célula hospedeira) e sofrem mutação no material genético, podendo mudar ao longo do tempo, ou seja, evoluem. Essa grande capacidade que os vírus têm de mutação é um dos motivos pelos quais ainda não se conseguiu produzir uma vacina eficiente contra algumas das doenças causadas por eles, como a Aids e a gripe. No caso da gripe, as vacinas existentes são renovadas anualmente para tentar combater novas variedades do vírus.

Os **viroides** são ainda mais simples que os vírus. Eles foram descobertos em 1971 e consistem apenas em uma molécula circular de RNA não envolta por cápsula proteica. Essa molécula fica sempre dentro de uma célula hospedeira e tem a capacidade de autoduplicação e de sofrer mutações. Não consegue, entretanto, comandar a síntese de proteínas, sendo totalmente dependente da célula hospedeira para sua replicação. Os viroides conhecidos ocorrem apenas em plantas e a via principal de difusão é por contato direto, mas podem ser transmitidos por pulgões e instrumentos de poda. Eles provocam desenvolvimento anormal de plantas, podendo levá-las à morte. Seriam eles uma forma particular e extremamente simplificada de vida parasitária ou seriam eles agentes infecciosos com capacidade de multiplicação, variação e hereditariedade, assim como os vírus?

O caso dos **príons** já foi mais polêmico. Atualmente, sabe-se que eles não são formas particulares de vida. Eles são proteínas que provocam doenças neurodegenerativas, como a doença da vaca louca (encefalopatia espongiforme bovina), que faz aparecer cavidades no encéfalo, deixando-o como uma esponja. Várias doenças na espécie humana, como a doença de Creutzfeldt-Jakob (tipo de encefalopatia espongiforme humana), também são provocadas por príons. O príon foi descrito pela primeira vez em 1982 pelo bioquímico Stanley Prusiner (prêmio Nobel de Medicina ou Fisiologia em 1997).

A palavra príon refere-se a “partículas infectantes proteináceas” e seu uso na literatura é muito variável. Usaremos o termo príon só para a proteína que causa a doença.

Quando os príons foram descobertos, chegou-se a pensar que eles seriam seres vivos muito especiais, pois achava-se, na época, que eram proteínas capazes de replicação. Hoje se sabe que os príons não têm essa capacidade.

Nas membranas celulares, especialmente das células nervosas, há proteínas passíveis de sofrerem uma alteração em sua estrutura tridimensional, transformando-se em príons. A principal característica dos príons é que eles interagem com as proteínas normais, transformando-as em aberrantes – e o ciclo se repete em uma espécie de reação em cadeia, dando a falsa impressão de que os príons estão se replicando. Eles aumentam em número, mas não por divisão de uma molécula em duas que depois se dividem novamente. O aumento se deve a modificações em proteínas normais, já existentes.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

- Faça, com os colegas de grupo, uma pesquisa a respeito da interpretação dada aos vírus, isto é, se são seres vivos ou não. Utilize diferentes fontes confiáveis de consulta, como *sites* de universidades, de entidades governamentais, páginas pessoais de pesquisadores, livros e revistas de cunho científico. Com base nessas informações e no texto aqui discutido, faça uma apresentação oral para os demais colegas sobre os dados obtidos e a conclusão a que seu grupo chegou. O(A) professor(a) deverá marcar o dia das apresentações e organizar um debate na classe a respeito desse assunto.



Retomando

Agora que você já conhece melhor a Biologia, retome suas respostas às questões iniciais da seção **Pense nisso** deste capítulo. Suas expectativas com relação a essa ciência mudaram? Quanto à sua proposta de estudo do Pantanal, há outros conhecimentos envolvidos que podem ajudá-lo a responder a seus questionamentos?

Ampliando e integrando conhecimentos

Habilidades do Enem: H7, H9, H17, H24.

Atividade 1 Elementos químicos nos seres vivos e nos componentes não vivos do ambiente

Em Química são utilizados inúmeros métodos práticos de detecção e dosagem dos diferentes elementos que compõem os mais diversos materiais. Esses métodos são descritos na química analítica, que pode ser qualitativa (procura apenas identificar que elementos ou substâncias estão presentes no material analisado) ou quantitativa (determina não só a presença, mas também a quantidade com que certos elementos ou substâncias aparecem).

O gráfico a seguir apresenta as abundâncias relativas de alguns elementos químicos nos seres vivos e na crosta terrestre (os valores podem variar dependendo da fonte dos dados).

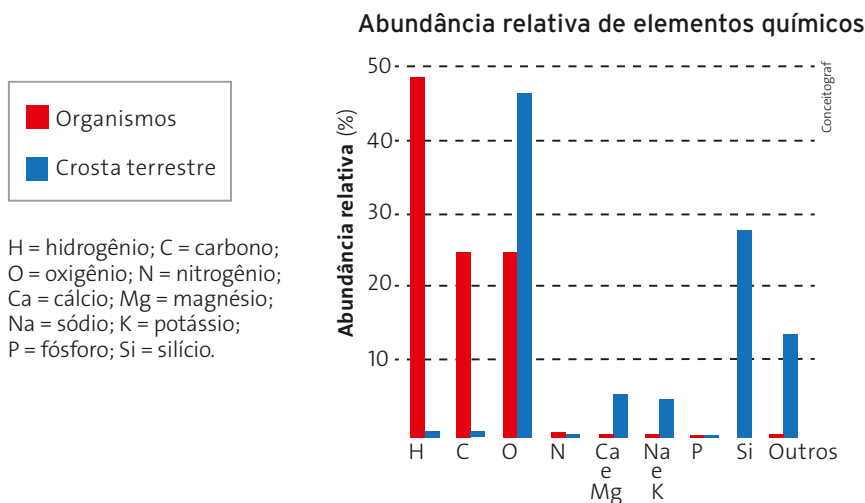


Gráfico da abundância relativa de alguns elementos químicos na composição de organismos e da crosta terrestre. Na categoria "Outros" incluem-se elementos diversos cujas abundâncias relativas são muito pequenas.

Fonte: ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Analisar os dados apresentados e fazer uma lista em ordem decrescente de abundância dos principais elementos químicos que constituem e caracterizam:

- os seres vivos;
- a matéria inanimada.

Atividade 2 Reconhecendo níveis hierárquicos de organização em Ecologia

Habilidades do Enem: H9, H14, H15, H17.

Observe a figura, à direita, que representa um ambiente hipotético e delimitado onde vivem organismos diversos. Agora, responda:

- Quantas e quais populações estão presentes na figura? Justifique.

- Quantos indivíduos há em cada uma dessas populações?

- Organize esses dados em uma tabela, indicando na primeira coluna os nomes dos organismos que compõem cada uma dessas populações que você reconheceu e, na segunda, a quantidade de indivíduos presentes em cada população.

- Quantos indivíduos estão representados nessa comunidade?



Esquema representando um ambiente hipotético com diversos organismos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- Qual é o termo que se refere ao conjunto formado pela comunidade, pelos componentes não vivos do ambiente e pelas interações entre os seres vivos?

Atividade 3 Investigando plantas carnívoras

Habilidades do Enem: H14, H16, H17, H28.

A planta *Philcoxia minensis*, típica do Cerrado brasileiro, tem folhas subterrâneas que, apesar de não receberem luz direta, fazem fotossíntese. A maior descoberta, no entanto, refere-se ao fato de essas plantas usarem as folhas para capturar e digerir vermes nematoides. Pesquisadores brasileiros, em conjunto com pesquisadores australianos e estadunidenses, fizeram experimentos usando bactérias marcadas com isótopos (variantes do átomo) de nitrogênio e forneceram essas bactérias como alimento aos vermes. Estes, por sua vez, foram “oferecidos” à planta. Os pesquisadores verificaram a presença dos átomos marcados de nitrogênio na planta, confirmando que a folha da planta havia digerido os nematoides e absorvido seus nutrientes. Segundo os pesquisadores, essa estratégia de captura é única entre as plantas carnívoras e surgiu, provavelmente, devido a uma combinação de fatores como: a planta ocorre em solos de areia muito branca que permite a passagem de luz, é pobre em água e nutrientes, mas rica em vermes nematoides; as temperaturas são elevadas e a radiação solar é alta. Essas condições extremas dificultam a sobrevivência da maioria das plantas, mas podem ter favorecido a seleção desse hábito peculiar da *Philcoxia* – o posicionamento subterrâneo de folhas, mantendo a função fotossintética – e acrescentado a essa função a capacidade de capturar e digerir animais.

Para saber mais, leia o artigo de Karina Toledo disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/15069>>. Acesso em: fev. 2016.

- Qual trecho do texto se refere ao conceito de metabolismo, característica exclusiva dos seres vivos?
- Em qual trecho do texto está embutida a noção de seleção natural?
- Faça um esquema que represente os passos desses pesquisadores, mostrando como eles aplicaram a metodologia científica. Considere que eles partiram da observação da existência de folhas verdes subterrâneas nessas plantas e que a essas folhas sempre estavam aderidos vermes nematoides. Qual hipótese foi testada? Como foi feito o teste dessa hipótese? Quais foram os resultados? Quais foram as conclusões?

Atividade 4 É ser vivo ou não é?

Habilidades do Enem: H13, H17, H28.

Analise a fotografia a seguir. Se você encontrasse essa estrutura amarelada sobre um tronco de árvore, diria que é um ser vivo?

Em muitos casos, é fácil diferenciar um ser vivo de um elemento não vivo; em outros, porém, não é tão simples. Essa estrutura amarelada sobre o tronco é um ser vivo da espécie *Hemitrichia serpula*.

Esse organismo vive em locais úmidos e sombreados de florestas, geralmente sobre troncos de árvores ou folhas caídas em decomposição. Seu aspecto é o de uma massa gelatinosa, capaz de se deslocar por movimentos ameboides durante parte do ciclo de vida. Por meio desses movimentos o organismo também captura bactérias, seu alimento. Em outra fase do ciclo de vida, ele sofre alterações e forma estruturas re-

produtivas de poucos milímetros, em forma de haste, que produzem esporos. O grande grupo ao qual esse organismo pertence descende de uma linhagem que compartilha um ancestral comum com as amebas. Esse organismo é classificado como mixomiceto.

Que características mencionadas na descrição acima permitem afirmar que a estrutura amarelada mostrada na fotografia é mesmo um ser vivo?



< A imagem está ampliada – sua largura real é de cerca de 2 cm.



1. (Fuvest-SP) O tema “teoria da evolução” tem provocado debates em certos locais dos Estados Unidos da América, com algumas entidades contestando seu ensino nas escolas. Nos últimos tempos, a polêmica está centrada no termo **teoria**, que, no entanto, tem significado bem definido para os cientistas. Sob o ponto de vista da ciência, teoria é:

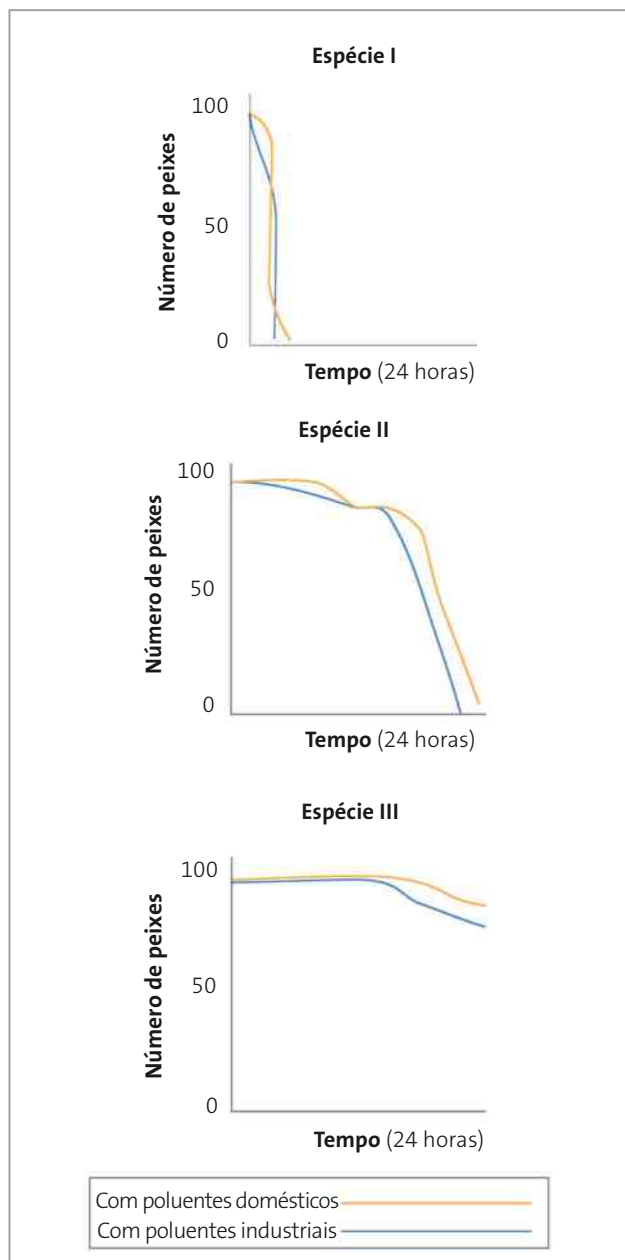
- a) sinônimo de lei científica, que descreve regularidades de fenômenos naturais, mas não permite fazer previsões sobre eles.
- b) sinônimo de hipótese, ou seja, uma suposição ainda sem comprovação experimental.
- c) uma ideia sem base em observação e experimentação, que usa o senso comum para explicar fatos do cotidiano.
- x d) uma ideia, apoiada pelo conhecimento científico, que tenta explicar fenômenos naturais relacionados, permitindo fazer previsões sobre eles.
- e) uma ideia, apoiada pelo conhecimento científico, que, de tão comprovada pelos cientistas, já é considerada uma verdade incontestável.

2. (Enem) Quando um reservatório de água é agredido ambientalmente por poluição de origem doméstica ou industrial, uma rápida providência é fundamental para diminuir os danos ecológicos. Como o monitoramento constante dessas águas demanda aparelhos caros e testes demorados, cientistas têm se utilizado de biotestadores, como peixes que são colocados em gaiolas dentro da água, podendo ser observados periodicamente.

Para testar a resistência de três espécies de peixes, cientistas separaram dois grupos de cada espécie, cada um com cem peixes, totalizando seis grupos. Foi, então, adicionada a mesma quantidade de poluentes de origem doméstica e industrial, em separado. Durante o período de 24 horas, o número de indivíduos passou a ser contado de hora em hora.

Os resultados são apresentados a seguir.

Pelos resultados obtidos, a espécie de peixe mais indicada para ser utilizada como detectora de poluição, a fim de que sejam tomadas providências imediatas, seria:



- x a) a espécie I, pois sendo menos resistente à poluição morreria mais rapidamente após a contaminação.
- b) a espécie II, pois sendo a mais resistente haveria mais tempo para testes.
- c) a espécie III, pois, como apresenta resistência diferente à poluição doméstica e industrial, propicia estudos posteriores.
- d) as espécies I e II juntas, pois tendo resistência semelhante em relação à poluição permitem comparar resultados.
- e) as espécies II e III juntas, pois como são pouco tolerantes à poluição propiciam um rápido alerta.

O texto a seguir refere-se às questões 3 e 4.

Podemos afirmar que uma borboleta, um ca-
jueiro, um cogumelo e um humano são seres
vivos, enquanto uma rocha, o vento e a água
não são. Fazemos isso porque os seres vivos
compartilham características que os distin-
guem de seres não vivos. Essas características
incluem determinados tipos de organização e
a presença de uma variedade de reações quí-
micas que os capacitam a manter o ambiente
interno estável, mesmo quando o ambiente
externo varia, permitindo-lhes obter energia,
deslocar-se no ambiente, responder a estí-
mulos provindos dele e perpetuar a vida. Para
realizar tais funções, os seres vivos são com-
postos de unidades básicas que constituem
a totalidade do seu corpo, ou essas unidades
estão agregadas, formando estruturas com-
plexas que realizam determinadas funções,
como impulsionar o sangue. Essas formas vivas
podem produzir outras idênticas ou muito si-
miliares a si próprias, um processo realizado por
uma série de estruturas que agem em conjun-
to. No início de suas vidas, essas formas vivas
podem ser idênticas aos organismos que as for-
maram ou sofreram mudanças que as tornam
similares a esses organismos em um estágio
posterior, além de aumentarem o tamanho dos
seus corpos durante esse processo.

3. (UFPB) No texto, estão citadas as conceituações das seguintes características dos seres vivos:

- x a) metabolismo, movimento, reatividade, crescimento, reprodução.
- b) evolução, reatividade, ambiente, reprodução, crescimento.
- c) evolução, composição química, movimento, reprodução, crescimento.
- d) respiração, reprodução, composição química, movimento, crescimento.
- e) metabolismo, ambiente, movimento, reatividade, crescimento.

4. (UFPB) Os níveis de organização da vida que se podem depreender do texto são:

- a) célula, órgão, população, ecossistema.
- x b) célula, órgão, sistema, organismo.
- c) tecido, sistema, organismo, biosfera.
- d) tecido, órgão, sistema, comunidade.
- e) órgão, sistema, organismo, população.

5. (Fuvest-SP) Considere as seguintes características atribuídas aos seres vivos:

- I. Os seres vivos são constituídos por uma ou mais células.
- II. Os seres vivos têm material genético interpretado por um código universal.
- III. Quando considerados como populações, os seres vivos se modificam ao longo do tempo.

Admitindo que possuir todas essas característi-
cas seja requisito obrigatório para ser classificado
como “ser vivo”, é correto afirmar que:

- a) os vírus e as bactérias são seres vivos, porque ambos preenchem os requisitos I, II e III.
- b) os vírus e as bactérias não são seres vivos, porque ambos não preenchem o requisito I.
- x c) os vírus não são seres vivos, porque preenchem os requisitos II e III, mas não o requisito I.
- d) os vírus não são seres vivos, porque preenchem o requisito III, mas não os requisitos I e II.
- e) os vírus não são seres vivos, porque não preenchem os requisitos I, II e III.

6. (UFMG) Um estudante decidiu testar os resultados da falta de determinada vitamina na alimentação de um grupo de ratos. Colocou então cinco ratos em uma gaiola e retirou de sua dieta os alimentos ricos na vitamina em questão. Após alguns dias, os pelos dos ratos começaram a cair. Concluiu então que esta vitamina desempenha algum papel no crescimento e manutenção dos pelos. Sobre essa experiência podemos afirmar:

- a) A experiência obedeceu aos princípios do método científico, mas a conclusão do estudante pode não ser verdadeira.
- b) A experiência foi correta e a conclusão também. O estudante seguiu as normas do método científico adequadamente.
- x c) A experiência não foi realizada corretamente porque o estudante não usou um grupo de controle.
- d) O estudante não fez a experiência de forma correta, pois não utilizou instrumentos especializados.
- e) A experiência não foi correta porque a hipótese do estudante não era uma hipótese passível de ser testada experimentalmente.

Introdução à Ecologia

Luciano Candisani



Figura 2.1. O sucesso do estabelecimento e da sobrevivência das espécies nos diferentes ambientes depende de diversos fatores físicos, químicos e biológicos, que interagem de maneira complexa e dinâmica. Na fotografia, aves trinta-réis-do-manto-negro, no Atol das Rocas, Rio Grande do Norte, são um exemplo da complexidade dessa interação, pois essas aves são migratórias e se reproduzem apenas em certas regiões. Assim, a transformação do Atol das Rocas em reserva ambiental, em 1979, tem se revelado fundamental para a sobrevivência dessa e de outras espécies que vivem ou se reproduzem nesse ecossistema. Essas aves medem cerca de 35 cm de comprimento.



Pense nisso

- Descreva algumas características da região onde você mora:
 - O clima é frio, quente, chuvoso, seco ou úmido?
 - Qual é o tipo de vegetação mais comum?
 - A maior parte do terreno é plana ou montanhosa?
 - Há praia, rios ou lagos por perto?
- O Atol das Rocas está localizado próximo à linha do equador. Com essa informação, como você acha que é o clima no local? Compare-o com o clima de sua cidade.
- A vegetação da região onde você mora tem alguma relação com o clima local? Explique sua resposta.
- Como você caracterizaria a região em que mora: urbana ou rural? Que critérios adotou para essa caracterização?
- Em sua opinião, um ambiente urbano pode ser objeto de estudo da Biologia? Justifique sua resposta.

1. Ecologia

A palavra “ecologia” deriva de duas palavras gregas: *oikós* (casa) e *logos* (estudo). Assim, Ecologia significa literalmente o “estudo da casa”. Essa palavra foi usada pela primeira vez em 1870 pelo biólogo alemão Ernst Haeckel, para designar o estudo das interações dos organismos entre si e com os demais componentes do ambiente.

A Ecologia é um ramo da Biologia que tem se destacado cada vez mais, pois as alterações ambientais provocadas pela ação humana só serão reduzidas na medida em que se conheçam a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas.

O nível mais amplo estudado pela Ecologia é a **biosfera**, que já foi apresentada no capítulo anterior. O termo “biosfera” foi criado por semelhança aos utilizados para designar camadas ou esferas relacionadas aos componentes abióticos (*a* = prefixo de negação, *bio* = vida; isto é, sem vida) da Terra, que são:

- **atmosfera** (*atmós* = gás): camada ou esfera da Terra formada pelo ar;
- **hidrosfera** (*hidro* = água): camada ou esfera da Terra formada pela água;
- **litosfera** (*lito* = pedra): camada ou esfera da Terra formada pelas rochas e pelos solos.

A biosfera, assim como as demais “esferas”, não é uma camada homogênea, pois as condições ambientais do nosso planeta variam de uma região para outra.

Os limites da biosfera são definidos em função de registros que indicam a presença de seres vivos. Esses limites vão desde aproximadamente 11 000 metros de

Se for possível, antes de prosseguir com o texto deste capítulo, explore com os estudantes duas explicações interativas acerca dos atlas disponíveis no site do IBGE (acessos em: jan. 2016): **O que é Cartografia?** <<http://atlasescolar.ibge.gov.br/en/conceitosgerais/o-que-e-cartografia>> e **Sistema**

de Posicionamento Global (GPS) <<http://atlasescolar.ibge.gov.br/en/conceitos-gerais/conceitos-e-tecnicas>>.

2. A atmosfera e o efeito estufa

A atmosfera pode ser dividida em quatro camadas principais: a troposfera, a estratosfera, a mesosfera e a termosfera. O limite de cada uma dessas camadas é definido pela mudança abrupta da temperatura média (Fig. 2.2).

A troposfera é a camada mais próxima da superfície terrestre e a que apresenta a maior parte das moléculas de gases da atmosfera. É nela que encontramos as proporções aproximadamente de 78% de gás nitrogênio (N_2), 21% de gás oxigênio (O_2), 0,03% de gás carbônico (CO_2) e 0,3% de vapor-d'água. Há, no entanto, diversos outros gases que, apesar de aparecerem em proporção muito pequena, podem ter enorme importância ambiental. É o caso do óxido nitroso (N_2O), do

profundidade, nos oceanos, até cerca de 7 000 metros de altitude, na atmosfera.

As condições ambientais são muito importantes na distribuição dos seres vivos. Nos locais onde tais condições são mais favoráveis, a diversidade de formas vivas é maior, ocorrendo o contrário quando as condições não são favoráveis.

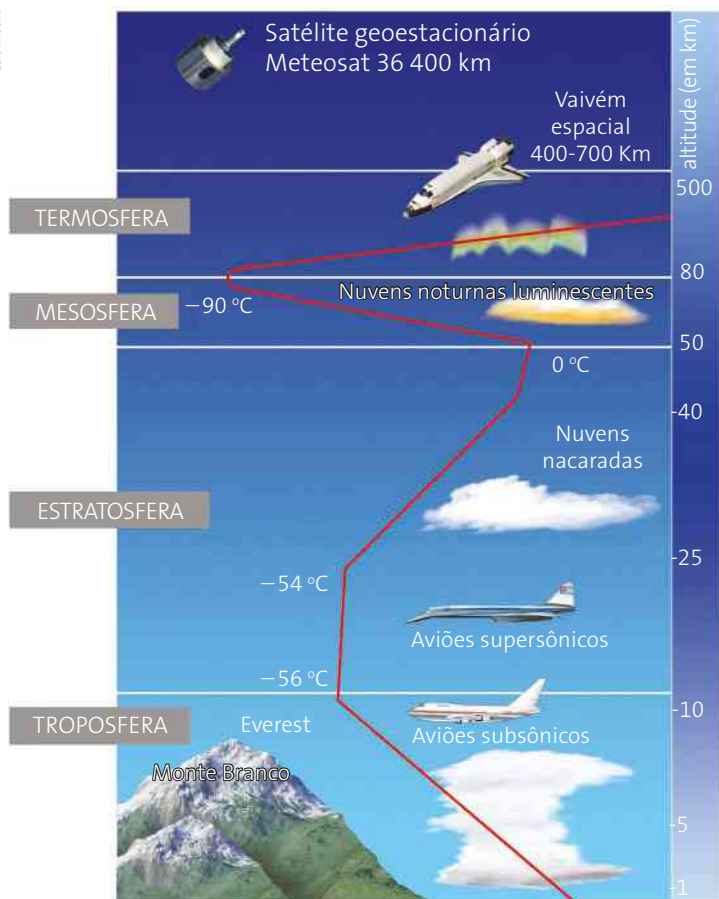
Um dos principais fatores que interferem nessas condições é o **clima** das diferentes regiões, que sofre influência da latitude, da altitude e de outros fatores, como estudaremos a seguir.

Ao longo deste capítulo, você notará a presença de conhecimentos estudados em outras disciplinas. Por exemplo, ao falarmos em calor, temperatura e densidade, usaremos os mesmos conceitos de Física. Quando falarmos do comportamento dos gases da atmosfera, de substâncias e de elementos químicos, empregaremos saberes da área de Química. Além disso, ao estudarmos nosso planeta usando mapas, falando em clima e em distribuição dos seres vivos com base em grandes padrões climáticos, estaremos aplicando habilidades e conhecimentos adquiridos no estudo da Geografia. Assim, o que apresentamos neste capítulo é fruto de pesquisas de diferentes áreas do saber.

O estudo deste capítulo será muito enriquecido se for acompanhado de um atlas geográfico ou mesmo do livro de Geografia. Nele você poderá obter informações adicionais a respeito de alguns dos aspectos que trataremos. Você pode encontrar muitas informações relevantes no *site* <<http://atlasescolar.ibge.gov.br/en>> (acesso em: jan. 2016), do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

dióxido de nitrogênio (NO_2), do ozônio (O_3) e do metano (CH_4). É na troposfera que ocorrem os principais fenômenos climáticos. Essa camada é caracterizada pela diminuição da temperatura em função da altitude.

Acima da troposfera localiza-se a estratosfera, camada rica em ozônio (O_3), gás que se forma com a quebra de moléculas de gás oxigênio (O_2) pela energia radiante e posterior reorganização dos átomos em moléculas de O_3 . Ele é o principal gás responsável pelo aumento da temperatura que se verifica nessa camada à medida que aumenta a altitude. O ozônio absorve a maior parte da radiação ultravioleta do Sol, que é convertida em energia térmica.



A terceira camada da atmosfera é a mesosfera, caracterizada pela diminuição da temperatura em função da altitude.

Na quarta camada, a termosfera, há novamente elevação da temperatura com o aumento da altitude, pois as poucas moléculas ali presentes absorvem radiação solar de alta energia, ocorrendo sua conversão em energia térmica.

A atmosfera é fundamental para a biosfera, pois, além de conter gases essenciais para a vida, impede que a Terra perca calor, atuando como um “cobertor” ou como uma estufa. É por isso que se fala em efeito de cobertura ou **efeito estufa** da atmosfera.

Figura 2.2. Principais divisões da atmosfera: troposfera, estratosfera, mesosfera e termosfera. A linha vermelha indica as variações de temperatura ao longo das camadas da atmosfera. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia).



Despertando ideias

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

REGISTRE
NO CADERNO



Efeito estufa e aquecimento

Você, juntamente com o grupo de estudos, pode fazer um experimento simples, a fim de testar a hipótese de que a ocorrência do efeito estufa depende do material que recobre a superfície.

Materiais

- 3 termômetros;
- 3 caixas de sapato de mesmo tamanho;
- filme plástico transparente;
- 1 placa de vidro transparente, pouco maior que a tampa da caixa de sapato.

Procedimento

1. Faça um furo na lateral de cada caixa, próximo ao fundo, com tamanho suficiente para a introdução do termômetro. Coloque o termômetro (Fig. 2.3).
2. Deixe uma das caixas sem cobertura (caixa 1). Cubra a segunda caixa com filme plástico, de forma a não deixar frestas que permitam a ventilação. Cubra a terceira caixa com a placa de vidro, cuidando também para que não haja frestas. A montagem deve ficar parecida com o esquema ao lado (Fig. 2.4).

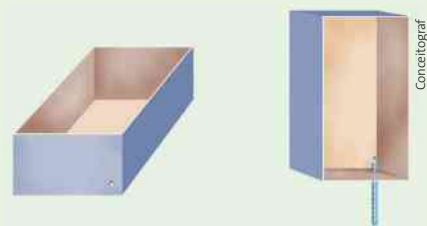


Figura 2.3. Esquema para montagem das caixas com termômetro.



Figura 2.4. Esquema de montagem do experimento.

- Coloque as 3 caixas sob o sol, lado a lado, e meça a temperatura interna de cada uma delas, em intervalos de 5 minutos, durante pelo menos meia hora. Assegure-se de que a medida no termômetro tenha se estabilizado antes de registrar a temperatura. Todas as medidas deverão ser organizadas em uma tabela, como a mostrada na **figura 2.5**.

Tempo	Caixa 1 (sem cobertura)	Caixa 2 (filme plástico)	Caixa 3 (vidro)
Início			
5 min			
10 min			

Figura 2.5. Tabela para organização das medidas extraídas do experimento.

- Terminada a coleta de dados, utilize as informações da tabela para construir um gráfico de linhas que represente a variação de temperatura em função do tempo nas 3 caixas.

Discussão

- Nesse experimento, qual é a função da caixa sem cobertura?
- Em qual caixa o interior ficou mais aquecido?
- A hipótese foi corroborada?
- O resultado será mais confiável caso você replique (isto é, repita) o experimento algumas vezes, calculando as temperaturas médias em cada momento observado. Isso se justifica porque podem ocorrer condições imprevistas que alterem o resultado, levando a conclusões erradas. Discuta com os colegas como esse experimento poderia ser melhorado.

Professor(a), no site <<http://www.sciencelearn.org.nz/Science-Stories/Harnessing-the-Sun/Sci-Media/Interactive/The-electromagnetic-spectrum>> (acesso em: mar. 2016) há um material interativo para explicar o espectro da luz solar. Apesar de estar em inglês, as imagens são bastante explicativas.

Os principais componentes da atmosfera que contribuem para o efeito estufa são o gás carbônico, o gás metano e o vapor-d'água.

A luz solar é a principal fonte de energia para a Terra. Ela é composta de um amplo espectro de radiação eletromagnética com diferentes comprimentos de onda, como mostra a **figura 2.6**.

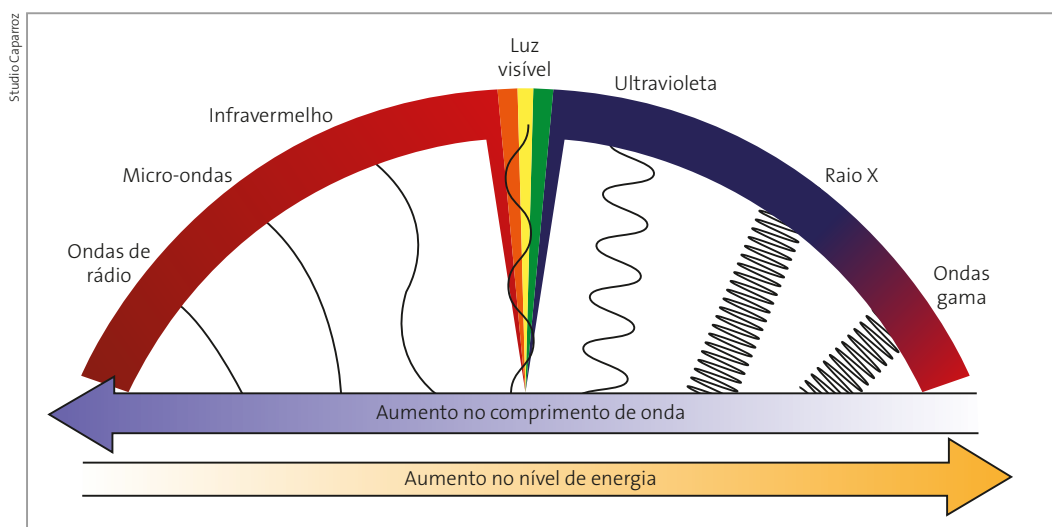


Figura 2.6. Esquema do espectro da luz solar, indicando de forma esquemática os comprimentos de onda e os níveis de energia.

Apenas parte da radiação solar forma a luz que é visível aos nossos olhos, com os comprimentos de onda correspondentes às sete cores, na seguinte ordem crescente de energia: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.

A radiação ultravioleta é a que promove o bronzeamento de nossa pele e cujo excesso pode causar câncer. Quando pensamos em efeito estufa, a radiação responsável pelo aquecimento é a infravermelha. Vamos ver como isso acontece.

Parte da radiação solar que chega à atmosfera volta para o espaço, refletida principalmente pelas nuvens. A luz solar que atinge a superfície terrestre é em grande parte absorvida pelo solo, pela água e pelos seres vivos. Essas superfícies aquecidas emitem de volta para a atmosfera radiação infravermelha, sendo a maior parte dela absorvida pelos gases do efeito estufa. A atmosfera impede, assim, que o calor se dissipe completamente, evitando o resfriamento da Terra. Só pequena quantidade da radiação infravermelha retorna para o espaço (Fig. 2.7).

Fenômeno semelhante ocorre em uma estufa: o vidro da estufa é transparente à energia luminosa do Sol; essa energia é absorvida pelas plantas e pelo solo e reirradiada como infravermelho; o vidro retém parte desses raios dentro da estufa (Fig. 2.8).

Conhecendo-se a importância da atmosfera para o equilíbrio térmico da Terra, pode-se supor que a modificação em sua composição pode afetar a vida no planeta. O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, decorrente da queima de combustíveis fósseis (como gasolina e óleo diesel), pode provocar elevação da temperatura média, pois esse gás acentua o efeito estufa. Esse processo é conhecido como **aquecimento global**, assunto que será discutido no capítulo 6 desta unidade.

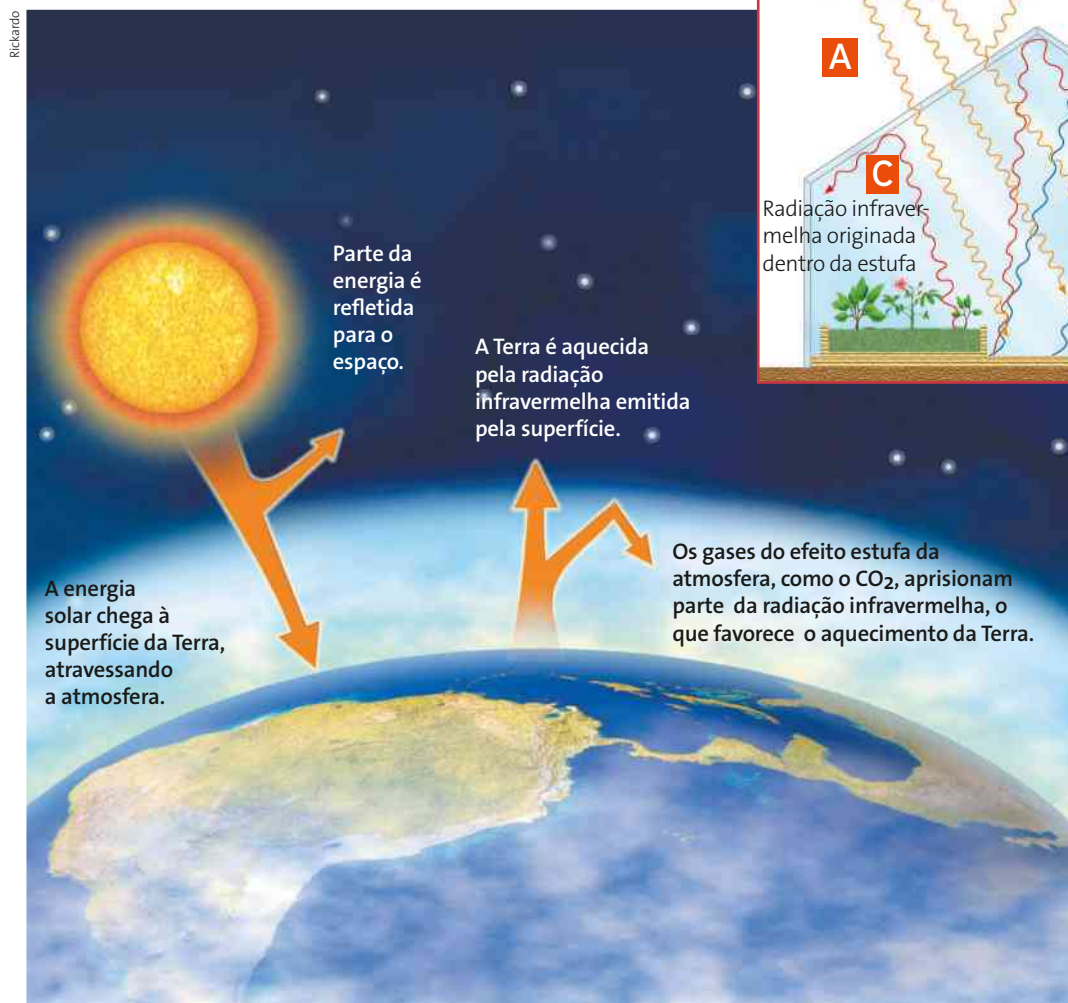


Figura 2.7. Esquema mostrando como ocorre o aquecimento da troposfera. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

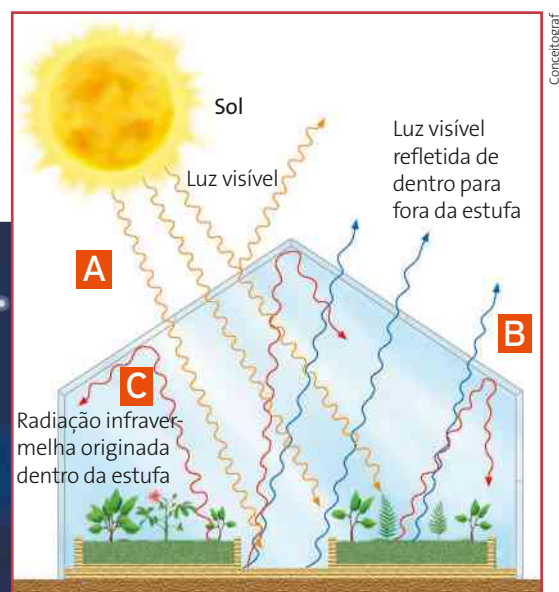


Figura 2.8. Esquema mostrando o aquecimento do ar dentro de uma estufa de plantas. Os vidros de uma estufa agem de maneira semelhante aos gases que envolvem a Terra. Na estufa, parte da energia do Sol que atravessa o vidro é absorvida pela superfície (A); parte da energia refletida pela superfície volta para a atmosfera (B); e parte da energia fica retida dentro da estufa (C) e, como consequência, ocorre o aquecimento. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

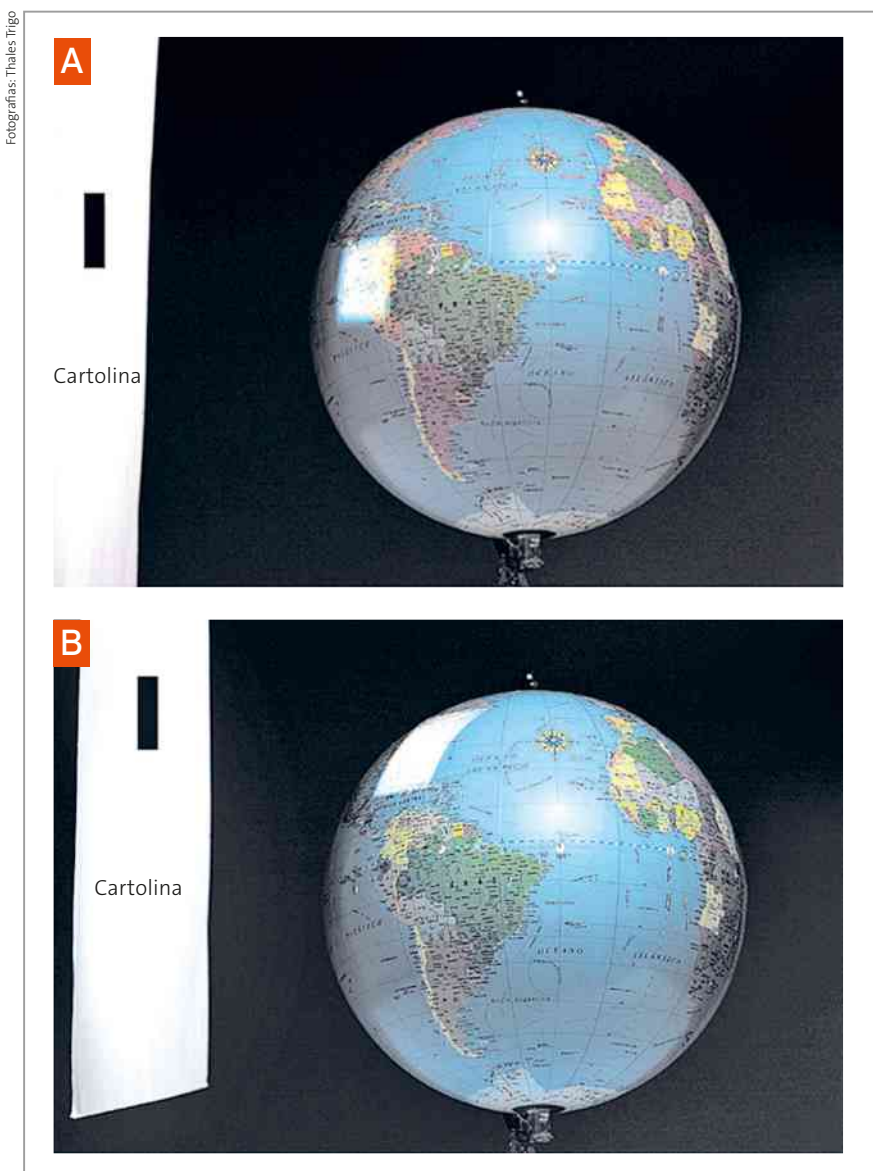
3. Os grandes padrões climáticos

Os grandes padrões climáticos estão relacionados a dois fatores básicos:

- variação da energia solar recebida pela Terra em função da latitude;
- movimentos de rotação e de circunvolução da Terra.

O Sol é a fonte de calor e de energia luminosa para a Terra. Os raios solares, no entanto, não atingem a superfície da Terra em todos os pontos com a mesma intensidade.

Observe na **figura 2.9** que uma mesma quantidade de luz, ao atingir o globo na região próxima à linha do Equador, ilumina uma área de superfície menor do que na região dos polos. Isso ocorre porque nessa área os raios solares são quase perpendiculares à superfície do globo, o que não acontece nos polos. Dessa forma, há maior concentração de energia luminosa no Equador, e também maior aquecimento nessa região. A partir desse fenômeno, estabelece-se um gradiente térmico em função da latitude, verificando-se temperaturas mais altas na região da linha do Equador e mais baixas nos polos.



< **Figura 2.9.** Fotografia de montagens com globo terrestre mostrando a área iluminada por uma mesma quantidade de luz no Equador (**A**) e em latitudes maiores (**B**). Compare a superfície iluminada pelo Sol em (**A**) e em (**B**). A mesma quantidade de luz atinge uma área menor na região do Equador (**A**), afetando a temperatura e os padrões climáticos dessa região.

O eixo da Terra, no entanto, é inclinado e, por isso, ao longo do ano, nem sempre é a região da linha do Equador que recebe os raios solares perpendicularmente. Esse fato, associado aos movimentos de rotação e circunvolução da Terra, permite que a quantidade de energia solar que atinge certo ponto da Terra varie de hora para hora e de estação do ano para estação do ano (**Fig. 2.10**).

MOVIMENTO DE TRANSLAÇÃO DA TERRA

O movimento de translação da Terra, juntamente com a inclinação do eixo terrestre, são responsáveis pela variação nas estações do ano.

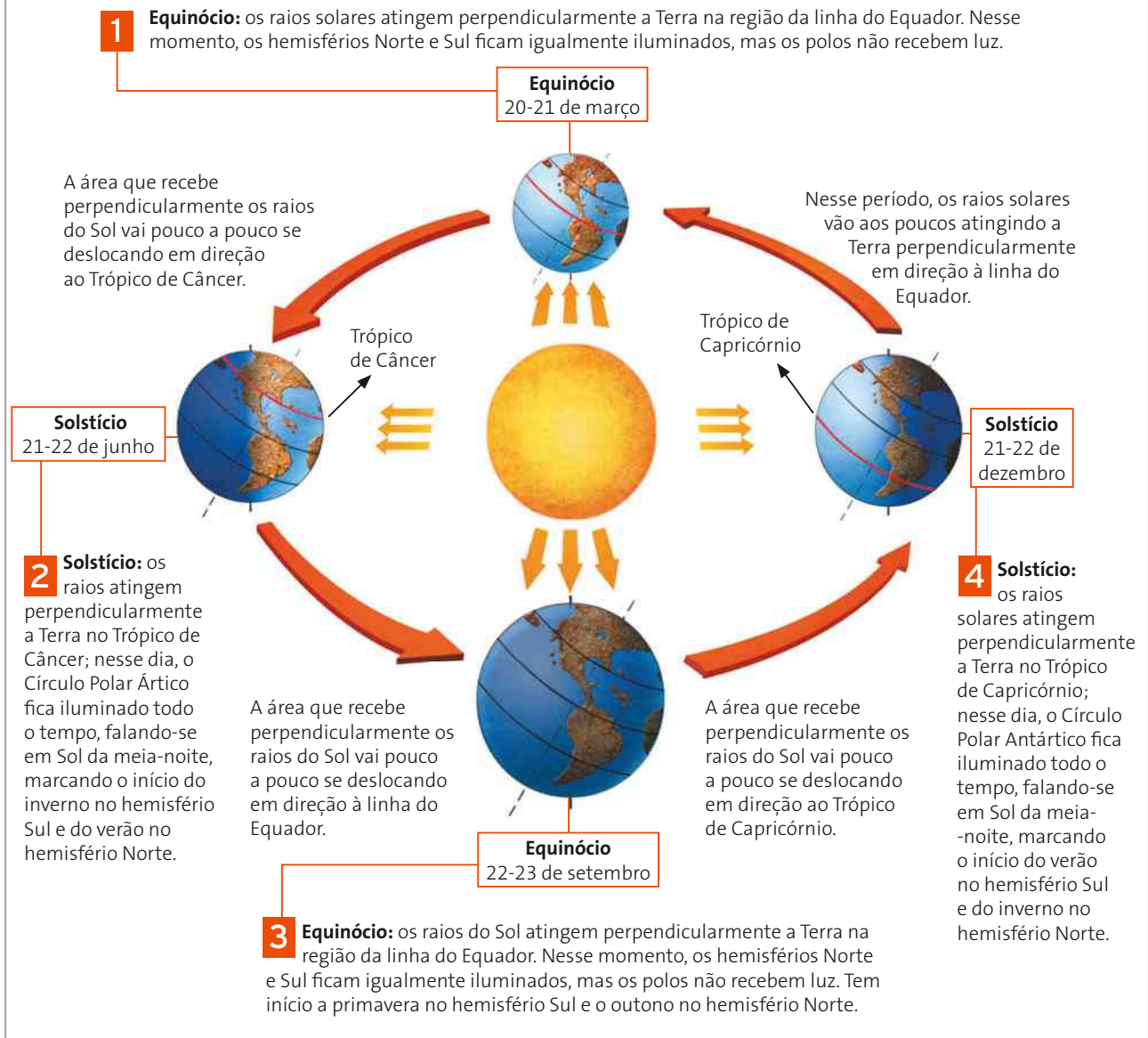


Figura 2.10. Esquema mostrando as diferentes posições da Terra nos equinócios (palavra que significa “noites iguais”) e nos solstícios (palavra que significa “Sol parado”) em sua órbita ao redor do Sol. As datas indicadas marcam o início das estações do ano. No nosso verão, o hemisfério Sul está mais voltado para o Sol devido à inclinação do eixo da Terra em relação ao plano orbital; no nosso inverno, o hemisfério Norte recebe mais radiação, pelo mesmo motivo. Nesta representação em perspectiva, a órbita da Terra ao redor do Sol parece ter uma forma elíptica acentuada; no entanto, a órbita da Terra é praticamente circular. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

O aquecimento diferencial da Terra em função da latitude, associado ao movimento de rotação e de translação da Terra, determina em grande extensão a localização das principais zonas climáticas: a **polar**, a **temperada** e a **tropical**, que são importantes no estabelecimento dos grandes padrões de distribuição dos seres vivos. Esse aquecimento diferencial determina também os grandes padrões de circulação do ar que ocorrem em escala global.

Em 1735, o meteorologista inglês George Hadley (1685-1768) propôs o **modelo celular de circulação atmosférica**, modificado posteriormente pelo meteorologista estadunidense William Ferrel (1817-1891) no século XIX. Segundo esse modelo, a circulação atmosférica ocorre por meio de três tipos de células em cada hemisfério, que são simétricas em relação à linha do Equador. Posteriormente, verificou-se que essa simetria ocorre apenas no outono e na primavera.

Entre o Equador e as latitudes de 30° Norte e 30° Sul formam-se duas células de circulação, chamadas **células de Hadley** (Fig. 2.11). Vamos acompanhar uma delas. Em seu ramo inferior, próximo à superfície terrestre, o ar flui em direção à linha do Equador. Nesse percurso, o ar sofre aquecimento e adquire umidade, formando os chamados **ventos alísios**. Perto do Equador, esse ar aquecido e rico em vapor-d'água sobe, criando áreas de baixa pressão, onde se formam as calmarias. Ao subir, ele se expande, sofre resfriamento e o vapor se condensa, dando origem a precipitações intensas. O ramo superior dessa célula transporta, agora, uma massa de ar relativamente fria e sem umidade. Em torno dos 30° de latitude, esse ar seco desce e é responsável pelos grandes desertos encontrados ao redor dessa latitude (Fig. 2.12).

Entre 30° e 60°, também ao norte e ao sul, formam-se outras duas células de circulação, chamadas **células de Ferrel**, onde o ar aquecido sobe ao redor dos 60° de latitude. Em geral, nas regiões de ar descendente há poucas chuvas e nas de ar ascendente há maior pluviosidade.

Finalmente, entre 60° e 90° de latitude, também no norte e no sul, formam-se as células polares.

Essa dinâmica da atmosfera, além de estabelecer padrões climáticos, permite a transmissão vertical e horizontal da energia térmica, impedindo o superaquecimento das regiões tropicais nos meses mais quentes e o excessivo resfriamento das regiões temperadas e polares nos meses mais frios.

Em escala local, a circulação do ar ocorre da seguinte maneira: os raios solares aquecem a superfície da Terra, o ar próximo a ela se expande e diminui sua densidade. Sendo menos denso, o ar aquecido sobe; e por ser aquecido, sua capacidade de reter vapor-d'água aumenta, o que acelera a evaporação da água presente em solos, lagos, rios e mares. Enquanto sobe, o ar se expande ainda mais, em razão da redução de pressão atmosférica. Como na troposfera a temperatura diminui com o aumento da altitude, o ar resfria-se. Isso causa a condensação do vapor-d'água contido nele e formam-se as nuvens e/ou chuvas. O ar, agora resfriado, é mais denso e desce. Ao chegar próximo à superfície terrestre, sofre aquecimento, dando início a outro ciclo.

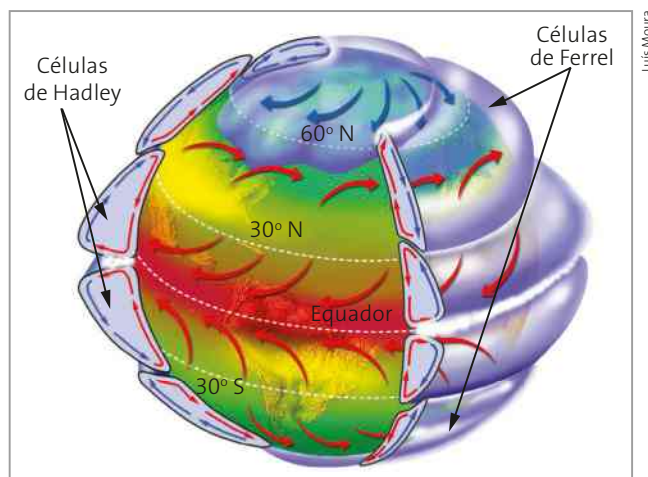


Figura 2.11. Esquema mostrando as células de circulação atmosférica. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

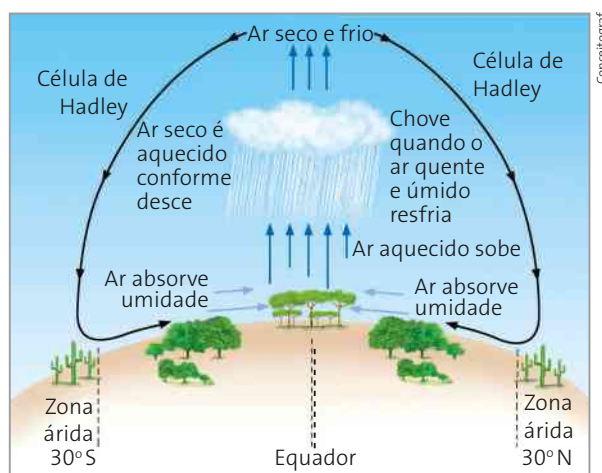


Figura 2.12. Detalhe da circulação do ar entre o equador e as latitudes 30° N e 30° S, mostrando as duas células de Hadley. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A quantidade de vapor-d'água na atmosfera é denominada **umidade do ar**. A umidade do ar é fator determinante na redução dos contrastes entre temperaturas diurnas e noturnas. Em regiões desérticas, a umidade do ar é baixa. Assim, como durante o dia o ar é aquecido por transferência térmica direta do solo, ao chegar a noite a ausência de nuvens e de vapor-d'água permite a rápida dissipação do calor e a temperatura cai drasticamente.

4. O efeito da altitude no clima

Os grandes padrões climáticos sofrem alterações locais em função de outros fatores, como a altitude.

A cada 200 m de altitude, a temperatura cai aproximadamente 1 °C e há modificação no regime de chuvas. Assim, em regiões montanhosas mais altas,

as temperaturas são mais baixas, mesmo que estejam próximas ao equador. O monte Kilimanjaro, por exemplo, localizado na África, está exatamente sobre a linha do Equador, mas, pelo fato de ser muito alto, apresenta neve cobrindo seu cume.

5. O efeito dos oceanos no clima

Outro fator de fundamental importância na manutenção do equilíbrio térmico na Terra são os oceanos.

O aquecimento dos oceanos acontece de forma diferente daquela descrita para a troposfera. Enquanto a troposfera é aquecida de baixo para cima, os oceanos são aquecidos da superfície para o fundo.

A energia solar que incide sobre os oceanos é parcialmente transformada em calor, que é refletido ou transmitido, principalmente por meio da turbulência gerada pelas ondas, para as camadas de água mais profundas (até cerca de 100 m de profundidade).

Além da distribuição vertical do calor até cerca de 100 m de profundidade, as correntes oceânicas superficiais redistribuem horizontalmente o calor absorvido e transferem esse calor para a atmosfera, determinando alterações locais no clima (Fig. 2.13).

Nos oceanos, a variação diária da temperatura é geralmente inferior à que ocorre no continente. Além disso, eles retêm mais calor e se aquecem mais

lentamente que o solo terrestre. Devido a isso, os oceanos contribuem de modo efetivo na moderação do clima, uma vez que a reserva de calor nas águas adquirida nos meses mais quentes é, em parte, dissipada nos meses mais frios.

Além de reter e de distribuir calor, os oceanos também participam do controle da temperatura do planeta de outra maneira: eles retiram do ar atmosférico cerca de um terço do CO₂ proveniente da atividade humana, o que reduz a quantidade desse gás no ar e consequentemente diminui o efeito dele no fenômeno de aquecimento global. No entanto, ao retirar esse CO₂ em excesso do ar, ocorre a acidificação da água em função da reação entre esse gás e a água, formando ácido carbônico. A acidificação traz problemas para algas calcárias e animais que têm exoesqueleto calcário, pois a reação do calcário com o ácido carbônico promove a descalcificação nesses organismos, o que pode levá-los à morte.

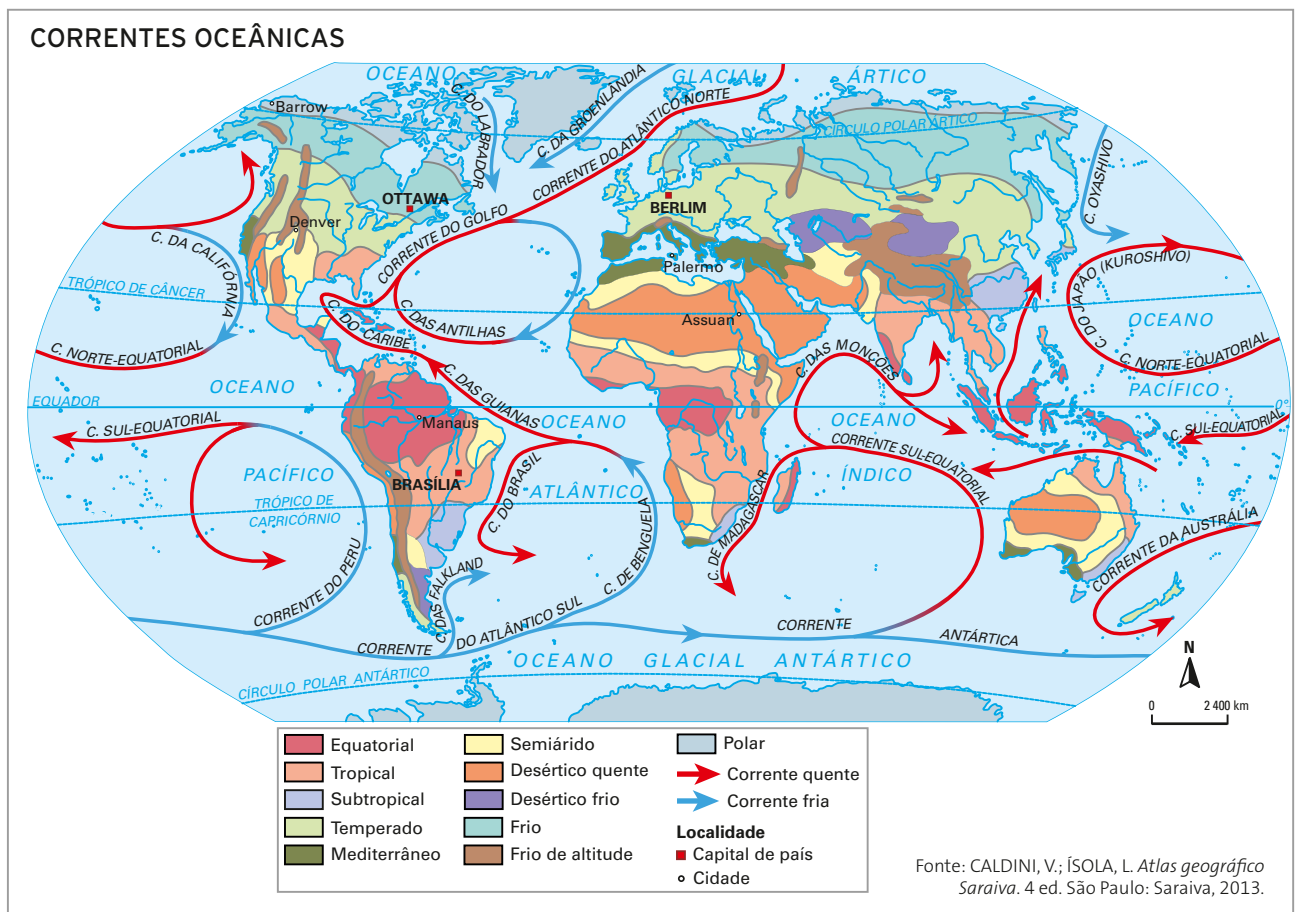


Figura 2.13. Mapa das principais correntes oceânicas, as quais exercem profundo efeito sobre o clima. A corrente do Golfo, que é quente, propicia temperaturas mais moderadas na Europa do que as da América do Norte em latitudes semelhantes. A costa do Brasil recebe influência da corrente do Brasil, que é quente. A corrente do Peru, que é fria, influencia o clima mais frio da costa ocidental da América do Sul, em comparação com a costa oriental, na mesma latitude. Nos continentes, o mapa mostra os tipos de clima, representados por cores distintas (veja legenda abaixo do mapa) e também algumas cidades e capitais de países.



EL NIÑO E LA NIÑA E SUA AÇÃO NO CLIMA

O que é El Niño?

É um fenômeno climático de escala global caracterizado pelo aquecimento acima do normal [padrão acima das médias anuais] das águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial, que se estende desde a costa oeste da América do Sul (próximo ao Peru e Equador) até aproximadamente a Linha Internacional de Data (longitude de 180°). Este aquecimento anormal é geralmente observado no mês de dezembro, ou seja, próximo ao Natal.

Dependendo da intensidade e duração do aquecimento da água do mar, os episódios de El Niño podem ser classificados como fracos, moderados e fortes. Normalmente eles ocorrem em intervalos irregulares de 3, 7 e 12 anos, podendo durar de 12 a 18 meses. A figura 2.14 ilustra os efeitos causados pelo El Niño em todo o continente Sul-americano.

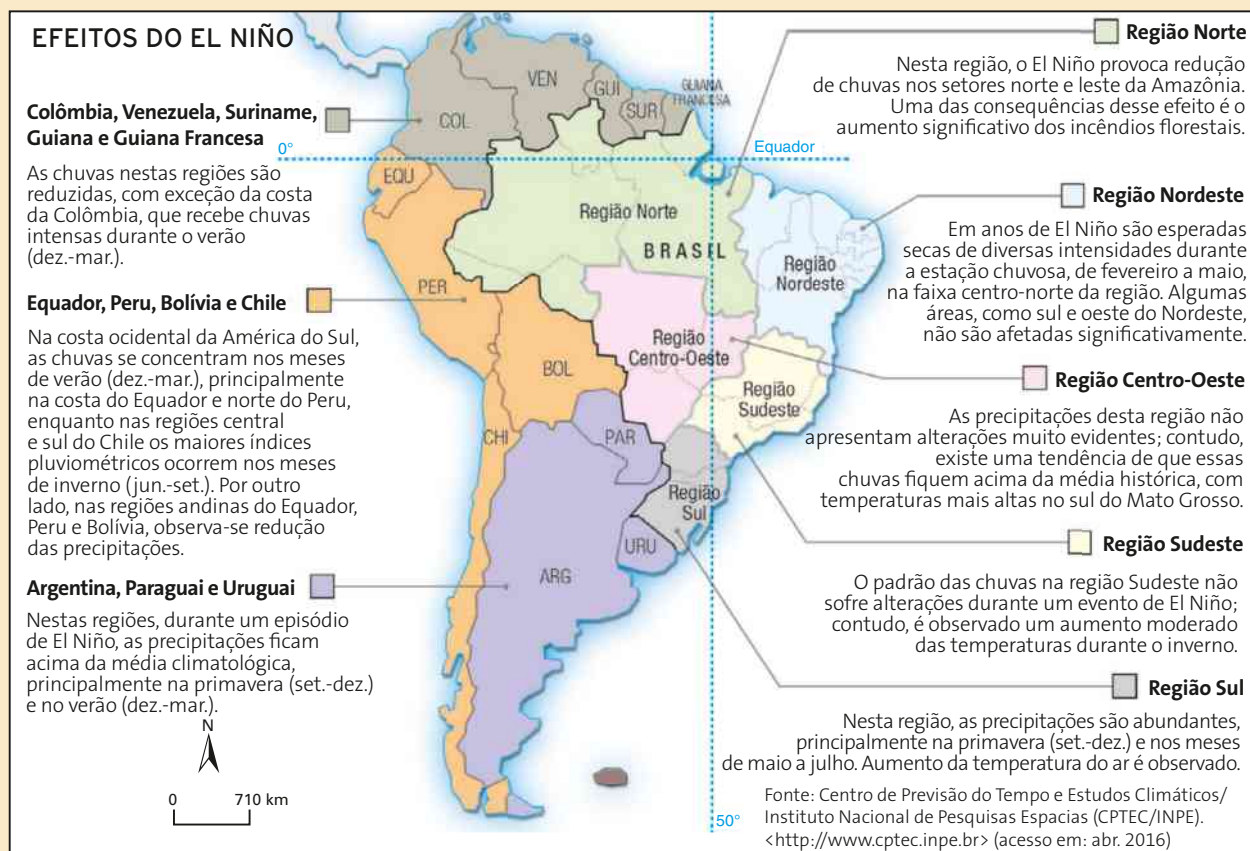


Figura 2.14. Mapa apresentando os principais efeitos do fenômeno El Niño na América do Sul.

Circulação de Grande Escala durante o fenômeno El Niño

A Circulação de Grande Escala [...] é responsável por todo o clima na Terra. É esta circulação que transporta calor e umidade de uma região para outra, ou seja, retira a umidade de uma região como os oceanos e florestas e provoca chuvas em outras, a exemplo do Nordeste brasileiro.

Com a ocorrência do fenômeno El Niño, a Circulação de Grande Escala é modificada, provocando mudanças no clima em diferentes regiões do planeta, como aumento no volume das chuvas na costa do Peru e sul do Brasil e secas nas regiões Norte e Nordeste do Brasil.

[...] anomalias climáticas associadas ao fenômeno El Niño são desastrosas e provocam sérios prejuízos socioeconômicos e ambientais.

O que é La Niña?

La Niña é um fenômeno com características opostas ao El Niño, ou seja, apresenta um resfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico equatorial. Este termo La Niña, que quer dizer “a menina”, em espanhol, também pode ser chamado de episódio frio, ou ainda El Viejo (“o velho”, em espanhol). Algumas pessoas chamam o La Niña de anti-El Niño, porém [como] El Niño se refere ao menino Jesus, o anti-El Niño seria então “o Diabo” e, por esse motivo, esse termo é pouco utilizado.

[...]

Em geral, os episódios La Niña também têm frequência de ocorrência em torno de 2 a 7 anos e seus episódios têm periodicidade de aproximadamente 9 a 12 meses. Alguns poucos episódios persistem por mais que 2 anos. [...]

INSTITUTO do Meio Ambiente e recursos hídricos. *O que é o El Niño?* Disponível em: <www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/11/Informações-do-El-Niño.pdf>. *O que é o La Niña?* Disponível em: <<http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/11/Informações-do-La-Niña.pdf>>. Acessos em: mar. 2016.



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO



Cidades e ecossistemas

Quando pensamos em Ecologia, podemos associar uma ideia errônea de que essa ciência se preocupa apenas com os ambientes não urbanos. Há, no entanto, uma área dentro da Ecologia que se chama Ecologia Urbana.

Para falar um pouco sobre esse importante assunto, selecionamos trechos de dois artigos que merecem ser lidos na íntegra, caso seja possível.

Artigo 1: Ecologia Urbana

O sistema urbano é um ecossistema?

“Alguns consideram as cidades como ecossistemas por estarem sujeitas aos mesmos processos que operam em sistemas silvestres. Outros argumentam que, a despeito de as cidades possuírem algumas características encontradas em ecossistemas naturais, não podem ser consideradas **ecossistemas** verdadeiros, devido à influência do homem. O fato é que se definirmos ecossistema como um conjunto de espécies interagindo de forma integrada entre si e com o seu ambiente, as cidades certamente se encaixam nessa definição. As grandes cidades e outras áreas povoadas estão repletas de organismos. O construtor destes habitats artificiais é o homem, mas uma infinidade de outras criaturas aproveitam e se adaptam a esses novos habitats recém-criados. Os organismos urbanos, incluindo o homem, também se relacionam com os outros organismos e essas interações podem ser estudadas, sob o ponto de vista conceitual, da mesma forma que relações ecológicas de ecossistemas naturais. [...]

O microclima urbano

As estruturas urbanas e a densidade e atividade dos seus ocupantes criam microclimas especiais. A pedra, o asfalto e outras superfícies impermeáveis que substituem a vegetação têm uma alta capacidade de absorver e reirradiar calor. A chuva é rapidamente escoada antes que a evaporação consiga esfriar o ar. O calor produzido pelo metabolismo dos habitantes e aquele gerado pelas indústrias e veículos ajudam a aquecer a massa de ar. Estas atividades também liberam na atmosfera vapor, gases e partículas em grandes quantidades.

Estes processos geram uma região de calor sobre as cidades onde a temperatura pode ser até 6 °C mais alta do que no ambiente circundante. Este fenômeno é mais marcante no verão em áreas temperadas, quando os prédios irradiam o calor absorvido.

[...]

Problemas ecológicos das grandes áreas urbanas

Alguns dos aspectos [...], como a importação de alimento e energia, são comuns a qualquer centro urbano, independentemente do seu tamanho. Outros, no entanto, acontecem de forma

problemática somente nas **grandes cidades**. Entre estes últimos, foram mencionados a poluição do ar e o destino dos resíduos sólidos. A construção desordenada em áreas de risco e as deficiências no saneamento básico também afetam de modo mais drástico as grandes cidades.

[...]

[...] Devido à forte ligação dos organismos urbanos com o homem, é necessário um envolvimento mais efetivo das ciências naturais com as sociais para integrar os conceitos ecológicos ao processo de planejamento urbano. [...]"

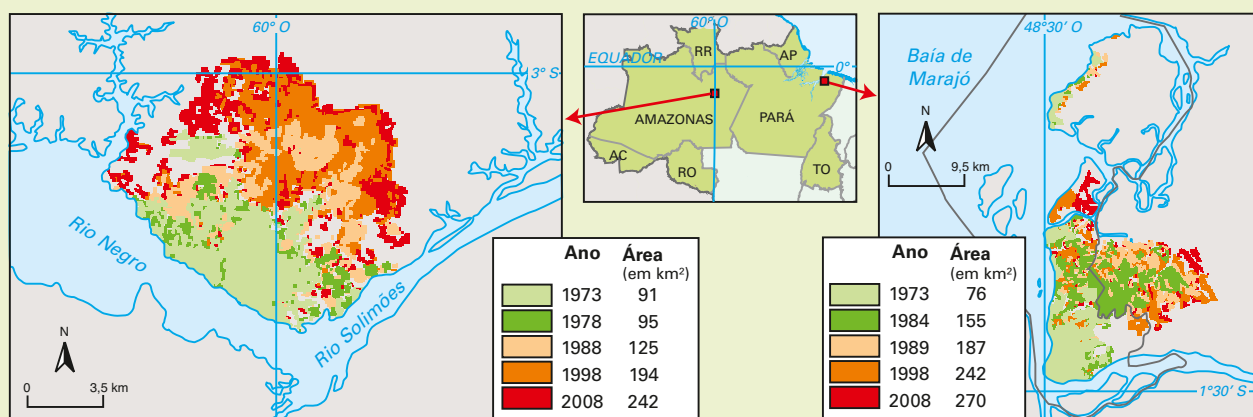
JACOBI, C. M. *Bases ecológicas para o desenvolvimento sustentável: ecologia urbana*.

Disponível em: <<https://ecoprofundo.wordpress.com/ecologia-urbana/>>. Originalmente disponível em: <<http://www.icb.ufmg.br/big/beds/arquivos/ecourbana.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

Artigo 2: Ilha de calor na Amazônia

[...]

Polos de desenvolvimento da Amazônia brasileira, encravadas na imensa, quente e úmida floresta tropical, Manaus e Belém começam a apresentar alterações climáticas típicas das grandes cidades. Entre 1961 e 2010, a temperatura média da capital amazonense aumentou 0,7 grau Celsius (°C) e atingiu 26,5 °C, segundo levantamento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). No mesmo período, a temperatura média da capital paraense subiu 1,51 °C e alcançou 26,3 °C. Em ambos os casos, a elevação se deve principalmente ao crescimento da área urbanizada das cidades, processo que se acentuou nas duas últimas décadas, embora efeitos mais globais, ligados às mudanças climáticas de grande escala, também possam ter tido algum impacto sobre esse índice. [...]



▲ Crescimento da área urbana de Manaus, de 1973 a 2008.

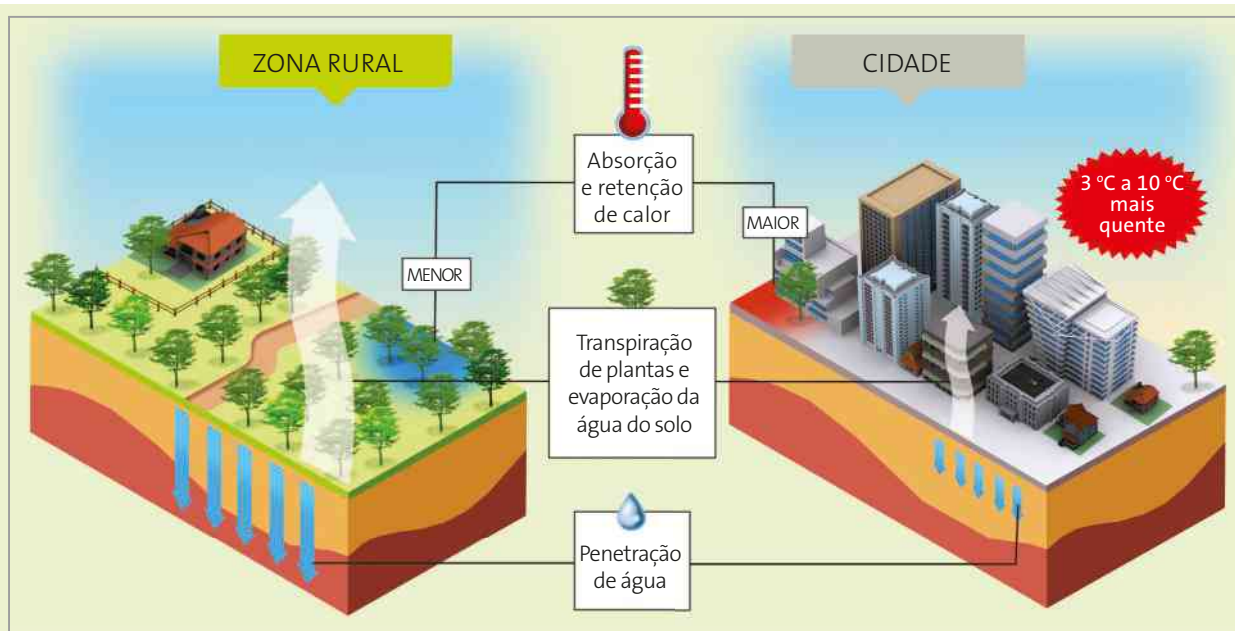
▲ Crescimento da área urbana de Belém, de 1973 a 2008. A região metropolitana triplicou em 35 anos.

Com mais prédios, concreto e asfalto tomando o lugar da vegetação nativa, o chamado efeito ilha urbana de calor, fenômeno conhecido há tempos por paulistanos e cariocas, também apareceu com força nas duas principais capitais da região Norte. Numa mesma hora do dia, a temperatura nas áreas dessas cidades mais densamente povoadas e ocupadas por construções e edifícios é consistentemente maior do que nas zonas rurais próximas, onde a floresta se mantém preservada. Os dados sobre ilhas de calor são mais nítidos no caso de Manaus, hoje a sétima cidade brasileira mais populosa, com mais de 1,8 milhão de habitantes, à frente de capitais do Nordeste, como Recife, e do Sul, como Porto Alegre e Curitiba.

[...]

O trabalho também indica que a atmosfera das áreas urbanizadas de Manaus se tornou mais seca do que a das florestas vizinhas. Durante o período analisado, a umidade relativa do ar nas zonas centrais da capital amazonense foi, em média, 1,7% menor do que nas matas adjacentes. Essa distinção alcançou seu nível máximo em fevereiro, no meio da estação mais chuvosa, quando a cidade chegou a ser 3,5% mais seca do que a floresta. “Esses dados mostram claramente o efeito ilha de calor em Manaus, afirma Regina [Alvalá], engenheira cartográfica especializada no mapeamento de usos e cobertura da terra para modelagem meteorológica.

[...]



⚡ Diferenças entre a zona rural e a região metropolitana considerando a absorção e a retenção de calor, a transpiração das plantas, a evaporação da água do solo e a penetração de água no solo. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

PIVETTA, M. Ilha de calor na Amazônia. *Revista Pesquisa Fapesp*, 200, out. 2012. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/10/11/ilha-de-calor-na-amazonia/>>. Acesso em: mar. 2016.

1. Considere os textos sobre cidades e ecossistemas. De acordo com eles, por que o sistema urbano pode ser considerado um ecossistema?
2. De 1973 a 2008, em quanto aumentou a área urbana das cidades de Manaus e Belém? Se for possível, obtenha esses dados para a cidade onde mora. Ela aumentou ou diminuiu? Quanto?
3. Analise a cidade onde você mora e procure investigar se, nas áreas com construções e ruas asfaltadas, a temperatura do ar é mais alta em locais com pouca ou nenhuma arborização ou em locais arborizados. Explique seus dados.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Retomando

Retome suas respostas para as questões da seção **Pense nisso** e procure reavaliá-las. Como deve variar o clima ao longo do ano no Atol das Rocas? Como você explicaria as diferenças e as semelhanças entre o clima do Atol e o da sua cidade?



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO

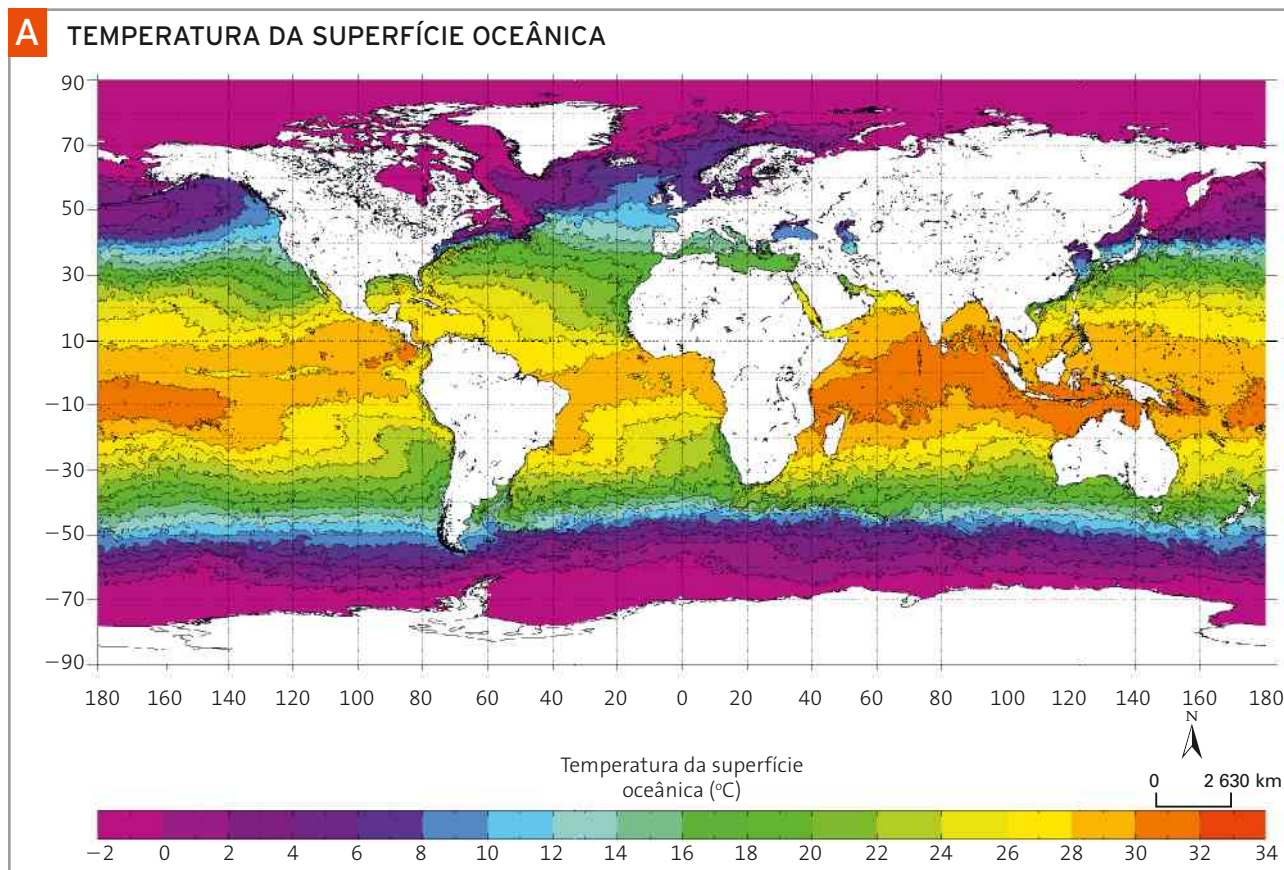


Atividade 1 Correntes oceânicas e padrões térmicos globais

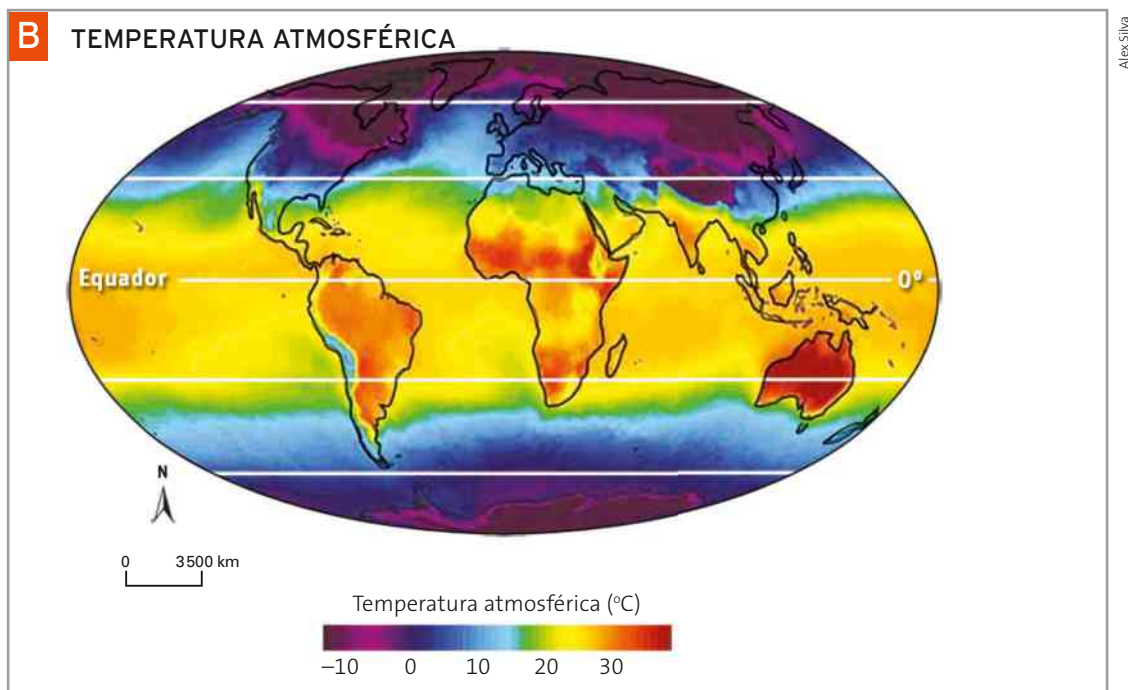
Habilidades do Enem: H1, H3, H9, H12, H17, H20.

Nesta atividade, vamos explorar padrões térmicos globais e sua relação com uma propriedade importante da água, que é sua capacidade térmica. Essa propriedade física é o que torna as massas de água boas transportadoras de calor. Note que estamos tratando de propriedades do meio que explicam aspectos do ambiente, o qual, como sabemos, estabelece a natureza dos processos ecológicos. Física, Química, Biologia, Geografia e outras disciplinas são indissociáveis quando se quer explicar certos padrões naturais.

Observe os mapas a seguir, referentes às temperaturas da superfície da água dos oceanos (A) e às temperaturas atmosféricas (B). Nas duas figuras, o vermelho, o laranja e o amarelo representam temperaturas mais altas; o verde, intermediárias; o azul e o púrpura, as mais baixas.



Fonte: <www.ospo.noaa.gov/Products/ocean/sst/contour/>. Acesso em: mar. 2016.



Fonte: <www.uwsp.edu/geo/faculty/lemke/geog/01/lecture_outlines/04_global_temp_patterns.html>. Acesso em: ago. 2012.

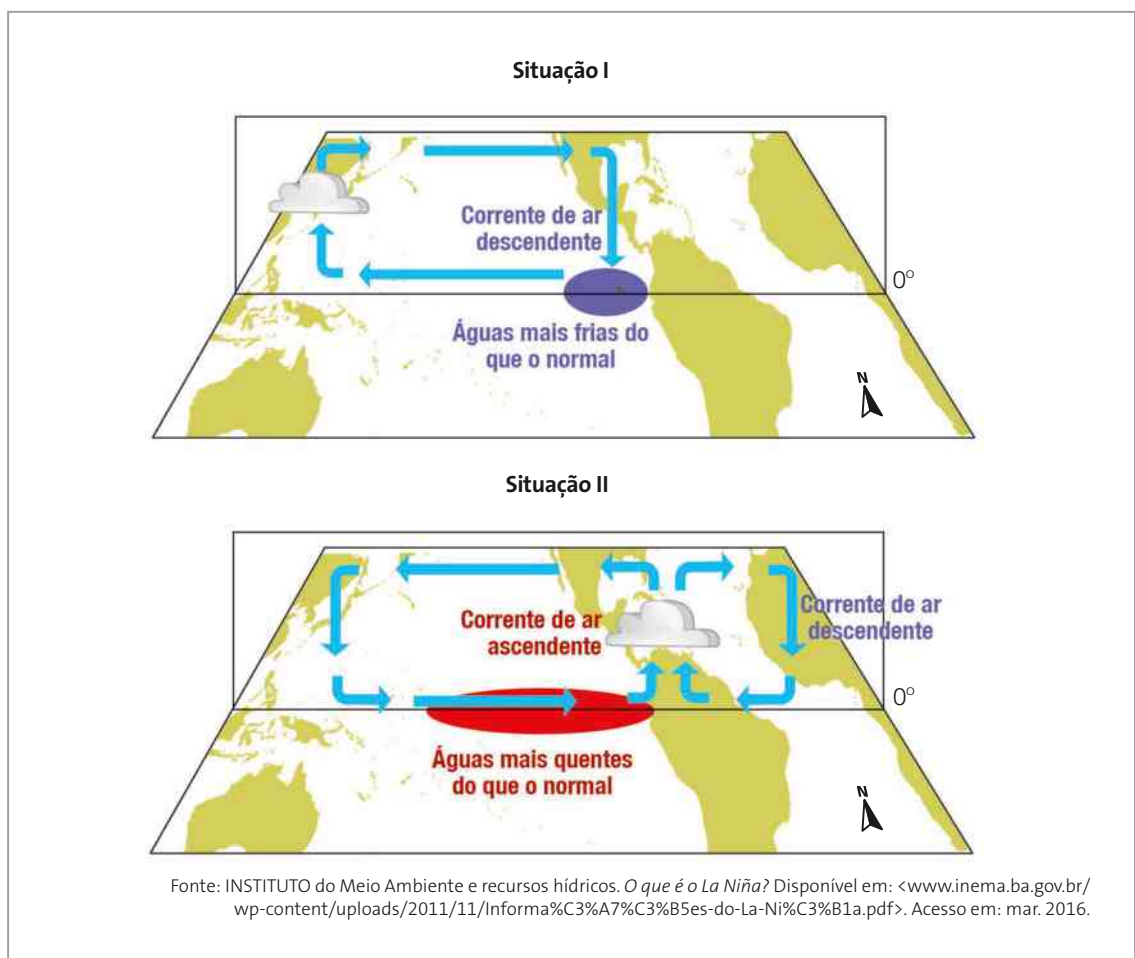
Imagens de satélite mostrando as temperaturas da superfície da água dos oceanos (A) e as temperaturas atmosféricas (B), ambas relativas ao mês de janeiro, em escala global. (Cores fantasia.)

Para responder às questões a seguir, compare as imagens anteriores com o mapa das principais correntes oceânicas de superfície que apresentamos neste capítulo.

- Que diferença há na temperatura da superfície do oceano quando se compara o lado leste com o lado oeste da América do Sul e da África na latitude do Trópico de Capricórnio? E entre a Inglaterra e a costa leste do Canadá? Como se explicam as diferenças encontradas?
- Há alguma correspondência entre o padrão de temperaturas da água oceânica superficial e da atmosfera sobre os oceanos? Como isso pode ser explicado?
- Como você explicaria o fato de que, ao longo do Círculo Polar Ártico, o norte da Europa é mais quente que o norte do Canadá?

Atividade 2 El Niño, La Niña e o clima global Habilidades do Enem: H9, H10, H17, H20, H21.

Observe os esquemas abaixo, referentes à circulação vertical de ar ao longo da região da linha do Equador em duas situações diferentes (I e II).



Esquemas demonstrando a circulação atmosférica de grande escala em duas situações distintas (I e II). (Cores fantasia.)

- Qual situação (I ou II) corresponde ao El Niño? E à La Niña? Justifique sua resposta.
- Por que o aumento no volume de chuvas acontece em locais diferentes dependendo de se tratar do El Niño ou da La Niña? Quais são esses locais, respectivamente?
- Quais as consequências do El Niño no clima da região onde você mora? Pesquise sobre isso neste livro e em outras fontes confiáveis de consulta para responder.

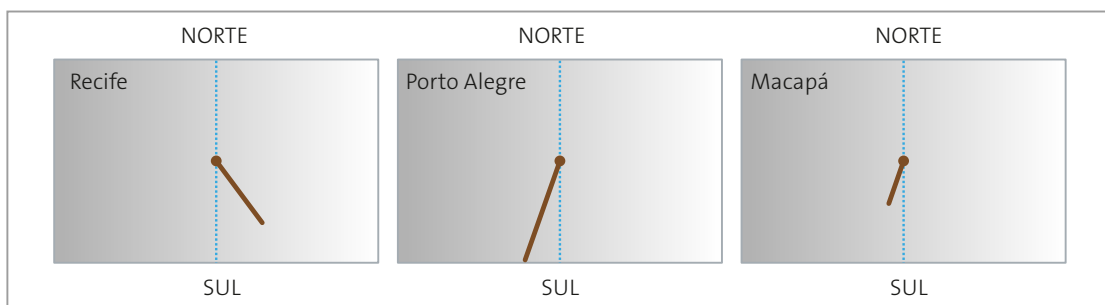


Enunciado para as questões 1 e 2.

(Enem) No primeiro dia do inverno no hemisfério Sul, uma atividade de observação de sombras é realizada por estudantes de Macapá, Porto Alegre e Recife. Para isso, utiliza-se uma vareta de 30 cm fincada no chão na posição vertical. Para marcar o tamanho e a posição da sombra, o chão é forrado com uma folha de cartolina, como mostra a figura:



Nas figuras abaixo, estão representadas as sombras projetadas pelas varetas nas três cidades, no mesmo instante, ao meio-dia. A linha pontilhada indica a direção norte-sul.



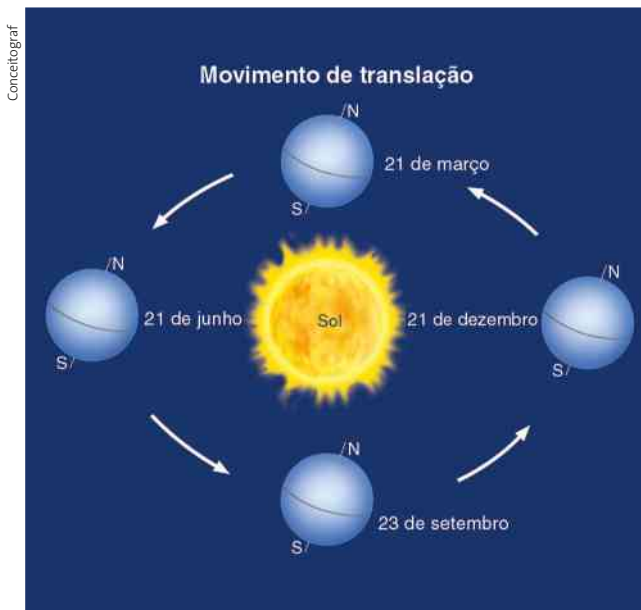
1. Levando-se em conta a localização dessas três cidades no mapa, podemos afirmar que os comprimentos das sombras serão tanto maiores quanto maior for o afastamento da cidade em relação ao
 - a) litoral.
 - ☒ b) Equador.
 - c) nível do mar.
 - d) Trópico de Capricórnio.
 - e) Meridiano de Greenwich.
2. Pelos resultados da experiência, num mesmo instante, em Recife a sombra se projeta à direita e, nas outras duas cidades, à esquerda da linha pontilhada na cartolina. É razoável, então, afirmar que existe uma localidade em que a sombra deverá estar bem mais próxima da linha pontilhada, em vias de passar de um lado para o outro. Em que localidade, dentre as listadas a seguir, seria mais provável que isso ocorresse?
 - a) Natal
 - b) Manaus
 - c) Cuiabá
 - ☒ d) Brasília
 - e) Boa Vista

3. (UFPI) Na atmosfera terrestre, a uma altitude de mais ou menos 30 km, existe uma camada de gás ozônio (O_3). Esse gás se forma espontaneamente a partir da decomposição do oxigênio (O_2) sob ação da radiação ultravioleta do Sol. Esta camada de ozônio tem importante papel para os seres vivos porque:

- I. absorve os raios ultravioleta danosos presentes na radiação solar, diminuindo sua incidência na superfície.
- II. protege os animais contra o câncer e prejuízos à visão.
- III. protege o planeta contra as chuvas ácidas.

Indique a alternativa correta.

- a) Apenas I está correta.
 - b) Apenas II está correta.
 - c) Apenas III está correta.
 - x d) Apenas I e II estão corretas.
 - e) Apenas II e III estão corretas.
4. (UFMS) A Terra possui uma inclinação de $23^\circ 27'$ em seu eixo, em relação ao plano da órbita. Tal inclinação, associada ao seu movimento de rotação e translação, propicia a incidência dos raios solares de maneira diferente sobre o globo terrestre. Sobre o movimento de translação identificado no esboço abaixo, é correto afirmar que



(01) o movimento de translação é o movimento que a Terra realiza em torno de um eixo imaginário que a atravessa de polo a polo.

(02) no dia 21 de março nós temos o equinócio de primavera para o hemisfério Sul e o equinócio de outono para o hemisfério Norte.

x (04) nos dias 21 de junho e 21 de dezembro ocorrem os dias de solstício, ou seja, quando há máxima desigualdade na distribuição de luz e calor entre os hemisférios.

x (08) os dias 21 de março e 23 de setembro, também conhecidos como equinócio, são os dias do ano em que os raios solares estão distribuindo de forma equitativa luz e calor para os dois hemisférios.

x (16) no dia 21 de junho temos o solstício de verão no hemisfério Norte e o solstício de inverno no hemisfério Sul.

(32) no solstício de inverno, no hemisfério Sul, ocorre o dia mais longo e a noite mais curta do ano.

Resposta: 28 (04 + 08 + 16)

5. (UFMT) A fração da energia solar incidente na superfície do planeta na forma de luz visível que, em parte, é temporariamente absorvida, é posteriormente reemitida em direção ao espaço interplanetário na forma de radiação infravermelha. No entanto, ao se encontrar com determinadas substâncias, como compostos de carbono, existentes na atmosfera, reflete-se e retorna em parte à superfície da Terra. Esse fenômeno denomina-se efeito estufa. O aumento de compostos de carbono no ar intensifica o efeito estufa, aquecendo ainda mais o planeta. Em relação ao assunto, assinale a afirmativa correta.

- a) A radiação reemitida pela superfície do planeta tem menor comprimento de onda que a incidente.
- x b) A radiação incidente na superfície do planeta possui maior frequência que a reemitida.
- c) Os fótons da radiação incidente são menos energéticos que os da reemitida.
- d) A luz visível incidente transforma-se em radiação infravermelha devido ao fenômeno de reflexão na superfície do planeta.
- e) O efeito estufa viola o princípio de conservação de energia, por isso o planeta se aquece.

Ecosistemas terrestres e aquáticos

Luciano Candisani



Figura 3.1. Os ecossistemas terrestres e aquáticos muitas vezes estão intimamente ligados, como mostra essa imagem do Pantanal, um ecossistema terrestre que sofre forte influência dos ciclos de cheias e vazantes dos abundantes rios que cortam essa região. Já falamos sobre isso na abertura do capítulo 1 e agora temos uma vista aérea do auge da época de cheia em uma região conhecida oficialmente como Nhecolândia. O curso de água mais abundante é um rio temporário, à esquerda, pelo qual a água da cheia escoar. Na seca, é um ambiente tipicamente terrestre, pelo qual circulam onças e tamanduás, formigas e minhocas. Na cheia, surgem plantas aquáticas e peixes. É uma alternância e um mosaico de ambientes terrestres e aquáticos.



Pense nisso

- Considerando as informações e a imagem acima, você saberia dizer se há algum outro ecossistema terrestre no Brasil no qual ocorra essa alternância de cheias e vazantes dos rios?
- Quais ecossistemas terrestres brasileiros você conhece em que há grande escassez de água e de rios?
- Em sua opinião, em qual tipo de ambiente natural são encontradas plantas com as seguintes características:
 - ambiente 1: folhas com ampla superfície e árvores de grande porte?
 - ambiente 2: caule esverdeado, rico em água e com folhas modificadas em espinhos?Justifique suas respostas.

1. Ecossistemas terrestres

As condições do clima, representadas principalmente pela temperatura média anual e pela pluviosidade média anual para grandes regiões continentais, propiciam o desenvolvimento e a manutenção de ampla variedade de ecossistemas terrestres caracterizados por vegetação com características específicas. Conjuntos de grandes ecossistemas com fisionomias vegetais semelhantes em função desses aspectos macroclimáticos formam os **biomas**.

Dentro da área correspondente a um bioma, no entanto, podem ocorrer vários ecossistemas diferentes,

dependendo das condições microclimáticas locais. Falamos em **microclimas** quando queremos nos referir a condições climáticas presentes em uma área reduzida e que são diferentes das condições macroclimáticas, que são as que caracterizam uma área maior. Assim, quando caracterizamos os biomas, estamos nos referindo a grandes áreas, mas dentro deles podem ocorrer outros ecossistemas com características distintas, que não serão aqui discutidos.

O mapa a seguir (Fig. 3.2) apresenta os principais tipos de biomas do mundo.

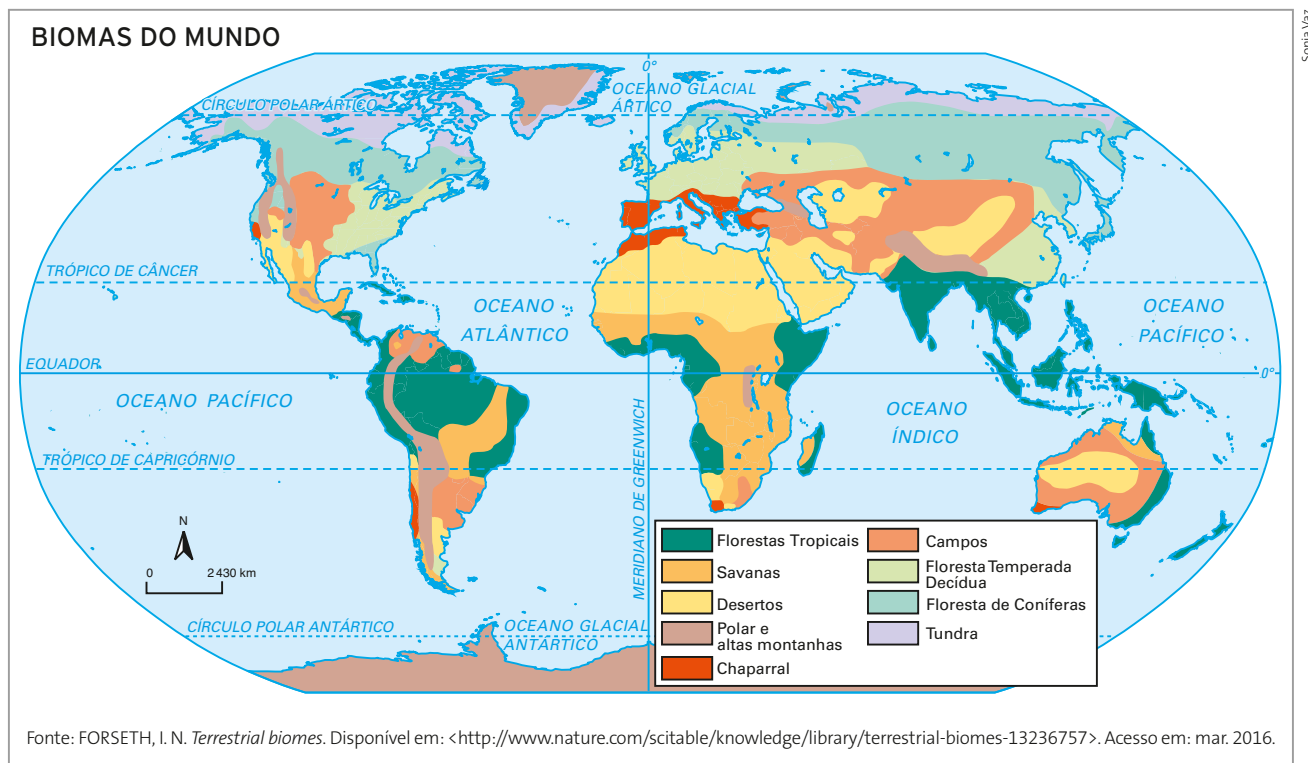


Figura 3.2. Mapa da distribuição dos principais biomas do mundo.

Vamos, agora, comentar brevemente a respeito desses biomas para depois discutirmos um pouco mais a respeito dos biomas brasileiros.

1.1. Florestas Tropicais e Savanas

Analise no mapa anterior a região entre os Trópicos de Câncer e de Capricórnio.

Note que, nesse intervalo, há vários tipos de biomas, entre eles as Florestas Tropicais e as Savanas.

Esses dois tipos de biomas ocorrem em regiões de clima quente, com temperaturas médias anuais altas e semelhantes, em torno de 21 °C a 32 °C. Apesar disso,

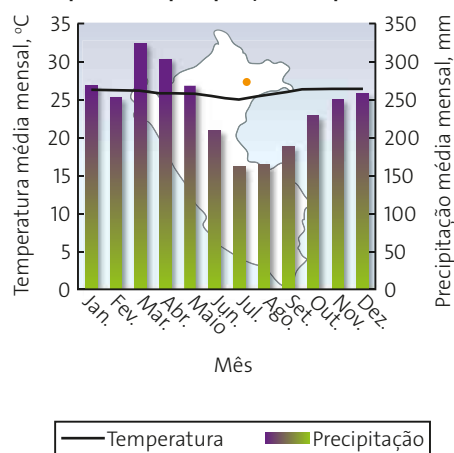
eles são diferentes em função da pluviosidade. As Florestas Tropicais desenvolvem-se em locais onde a pluviosidade é alta, ao redor de 1 700 mm a 2 700 mm em média anual. Já as Savanas ocorrem em locais em que a pluviosidade é baixa, ao redor de 200 mm a 1 000 mm em média anual. Assim, as Florestas Tropicais ocorrem em clima quente e úmido e as Savanas, em locais em que o clima é quente e seco.

No bioma Floresta Tropical (Fig. 3.3), a vegetação é muito diversificada, com árvores de grande porte, sendo o bioma com a maior diversidade vegetal do mundo. Além disso, as folhas das plantas nunca caem todas de uma só vez, e quando caem são logo substituídas por outras, falando-se que essas florestas estão sempre verdes.



El Comercio/CDA/ZUMA PRESS.com/EasyPix Brasil

Temperatura e precipitação em Iquitos, Peru



Luiz Fernando Rubio

Fonte: FORSETH, I. N. *Terrestrial biomes*. Disponível em: <<http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/terrestrial-biomes-13236757>>. Acesso em: mar. 2016.

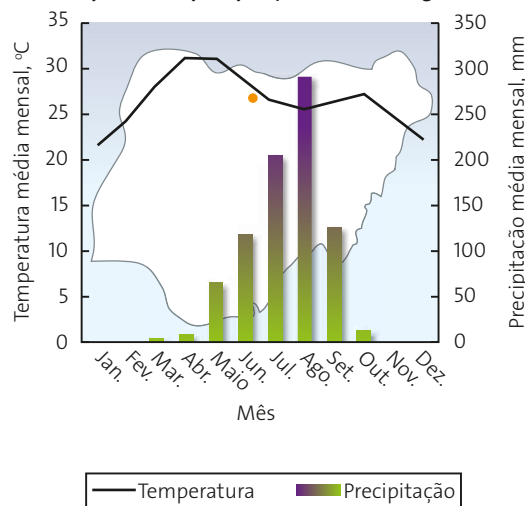
Figura 3.3. Fotografia de Floresta Tropical, no Peru (2013), e gráfico com exemplo das variações médias mensais da temperatura em graus Celsius (ordenada da esquerda) e da pluviosidade em milímetros (ordenada da direita), ao longo dos meses do ano (abscissa), em Iquitos, Peru.

No bioma Savana, a diversidade vegetal é menor e composta basicamente de plantas herbáceas, podendo ocorrer arbustos e árvores esparsas de pequeno porte (Fig. 3.4). Muitas dessas árvores perdem todas as folhas nas estações mais secas do ano, falando-se em plantas decíduas (do latim: *deciduous* = que cai).



Imago/ZUMA Press/EasyPix Brasil

Temperatura e precipitação em Kano, Nigéria



Luiz Fernando Rubio

Fonte: FORSETH, I. N. *Terrestrial biomes*. Disponível em: <<http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/terrestrial-biomes-13236757>>. Acesso em: mar. 2016.

Figura 3.4. Fotografia de Savana, na África (2015), e gráfico com exemplo das variações médias mensais da temperatura em graus Celsius (ordenada da esquerda) e da pluviosidade em milímetros (ordenada da direita), ao longo dos meses do ano (abscissa), em Kano, Nigéria.

1.2. Florestas Temperadas Decíduas e Florestas de Coníferas

Analisando novamente o mapa da figura 3.2, é possível notar que há outros tipos de biomas que são considerados florestas: as Florestas Temperadas Decíduas e as de Coníferas. Elas ocorrem no hemisfério Norte em regiões de clima mais frio.

As Florestas Temperadas Decíduas ocorrem em locais com estações do ano bem definidas e temperaturas que vão de -30°C a 30°C e pluviosidade média anual em torno de 750 mm a 1 000 mm. Nesse bioma a vegetação

predominante perde as folhas no inverno, sendo assim, decídua. É característico também dessas plantas a presença de folhas que sofrem mudança de cor no outono, passando de verde para diferentes coloridos, como amarelo, laranja e vermelho, e depois caem, voltando a nascer na primavera (Fig. 3.5).

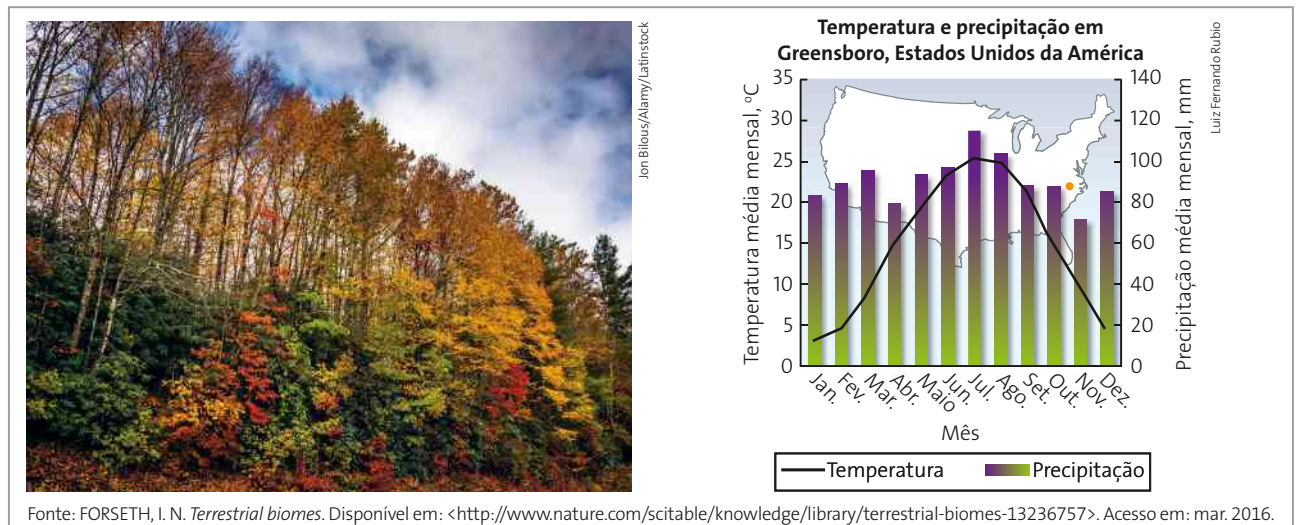


Figura 3.5. Fotografia de Floresta Temperada Decídua, nos Estados Unidos da América (2014), no outono, antes de perder suas folhas, e gráfico com exemplo das variações médias mensais da temperatura em graus Celsius (ordenada da esquerda) e da pluviosidade em milímetros (ordenada da direita), ao longo dos meses do ano (abscissa), em Greensboro, EUA.

As Florestas de Coníferas ocorrem em locais onde as temperaturas e a pluviosidade médias anuais são ainda mais baixas do que nas Florestas Temperadas. A vegetação dominante dá o nome ao bioma: coníferas (Fig. 3.6). São os pinheiros e os abetos. Essas plantas nunca perdem as folhas, mesmo no inverno mais rigoroso. As folhas são em forma de agulha, com cutícula grossa, resistente ao frio e à neve.

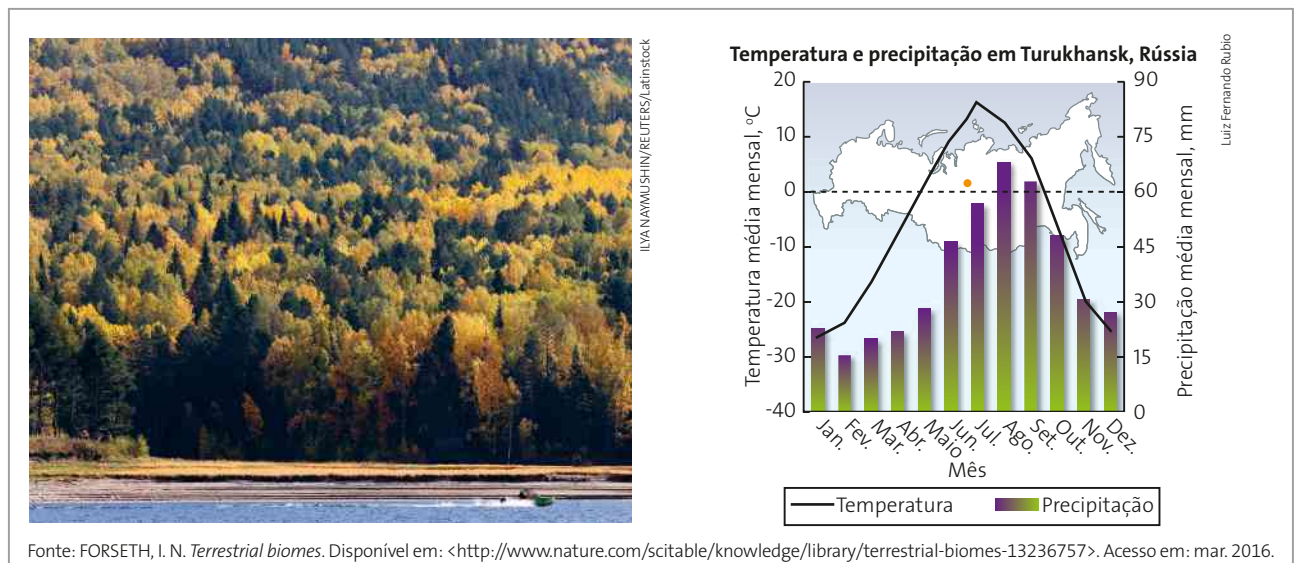


Figura 3.6. Fotografia de Floresta de Coníferas, na Rússia (2014), e gráfico com exemplo das variações médias mensais da temperatura em graus Celsius (ordenada da esquerda) e da pluviosidade em milímetros (ordenada da direita), ao longo dos meses do ano (abscissa), em Turukhansk, Rússia.

1.3. Desertos

Os Desertos ocorrem nos locais onde a pluviosidade média anual é muito baixa, entre zero e 500 mm e a umidade relativa do ar também é baixa. Em função disso, as temperaturas nos desertos variam muito ao longo das 24 horas do dia. Durante o período em que há sol, as temperaturas são mais elevadas por causa do aquecimento do solo, mas à noite as temperaturas caem, pois a baixa umidade do ar não propicia a retenção do calor. Além do clima seco, há os chamados **desertos quentes**, em que as temperaturas durante o período de sol são em média

muito altas, caso do maior deserto do mundo que é o Saara. Há, no entanto, **desertos frios**, com temperaturas diurnas baixas, como o deserto de Gobi, na Ásia, e o da Patagônia, no sul da Argentina. Nesses desertos as temperaturas no inverno são negativas e pode haver neve.

Há também **desertos de altitudes**, como parte do deserto do Atacama no Chile, que ocorre a cerca de 2 400 m de altitude.

A vegetação dos Desertos é diversificada e muito esparsa, formada basicamente por gramíneas e plantas arbustivas (Fig. 3.7). Em certos casos, há cactos, plantas com adaptações à seca, como caule que armazena água e faz fotossíntese, e folhas reduzidas em espinhos. O formato das folhas reduz a superfície de perda de água da planta por transpiração.

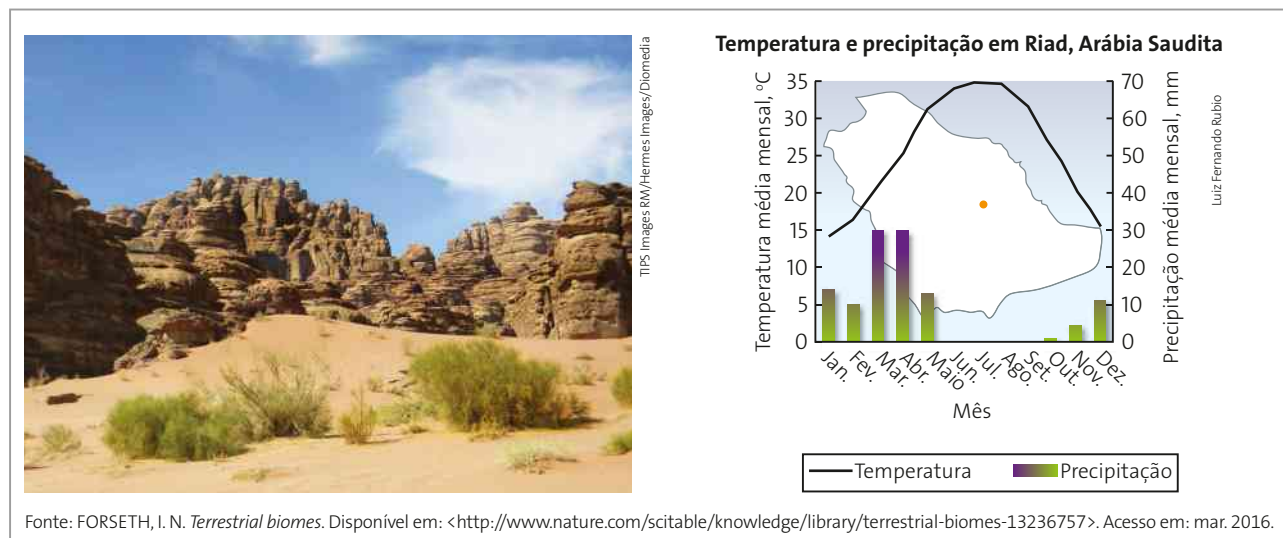


Figura 3.7. Fotografia de Deserto, na Arábia Saudita (2013), e gráfico com exemplo das variações médias mensais da temperatura em graus Celsius (ordenada da esquerda) e da pluviosidade em milímetros (ordenada da direita), ao longo dos meses do ano (abscissa), em Riad, Arábia Saudita.

1.4. Campos, Chaparral e Tundra

Os Campos também recebem o nome de **Pradarias** na América do Norte e **Estepes** na Ásia. Ocorrem em locais onde há verões muito quentes e invernos muito frios, com grandes variações de pluviosidade ao longo do ano, com o máximo no verão. A vegetação dominante é composta principalmente por gramíneas (Fig. 3.8).

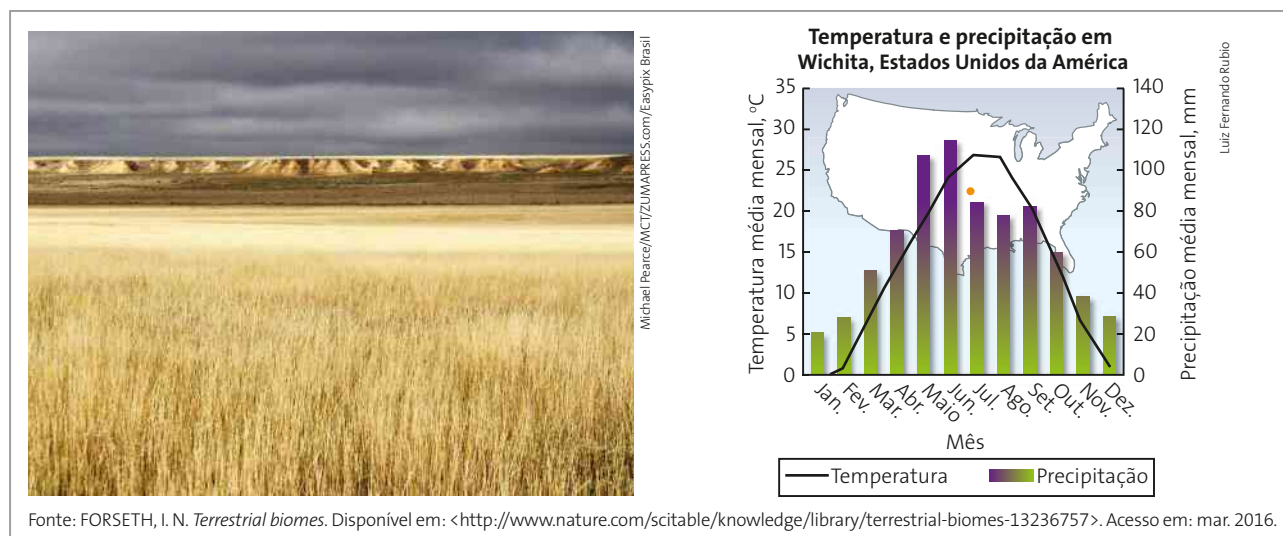
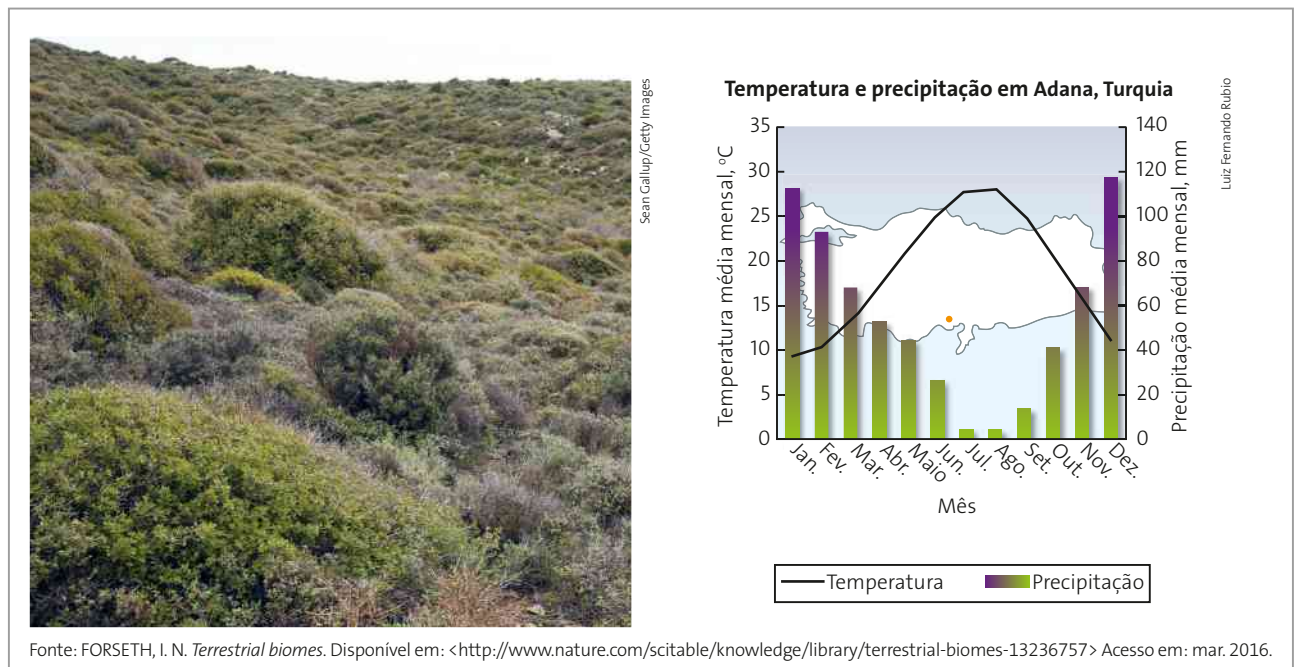


Figura 3.8. Fotografia de Campo, nos Estados Unidos da América (2013), e gráfico com exemplo das variações médias mensais da temperatura em graus Celsius (ordenada da esquerda) e da pluviosidade em milímetros (ordenada da direita), ao longo dos meses do ano (abscissa), em Wichita, Estados Unidos da América.

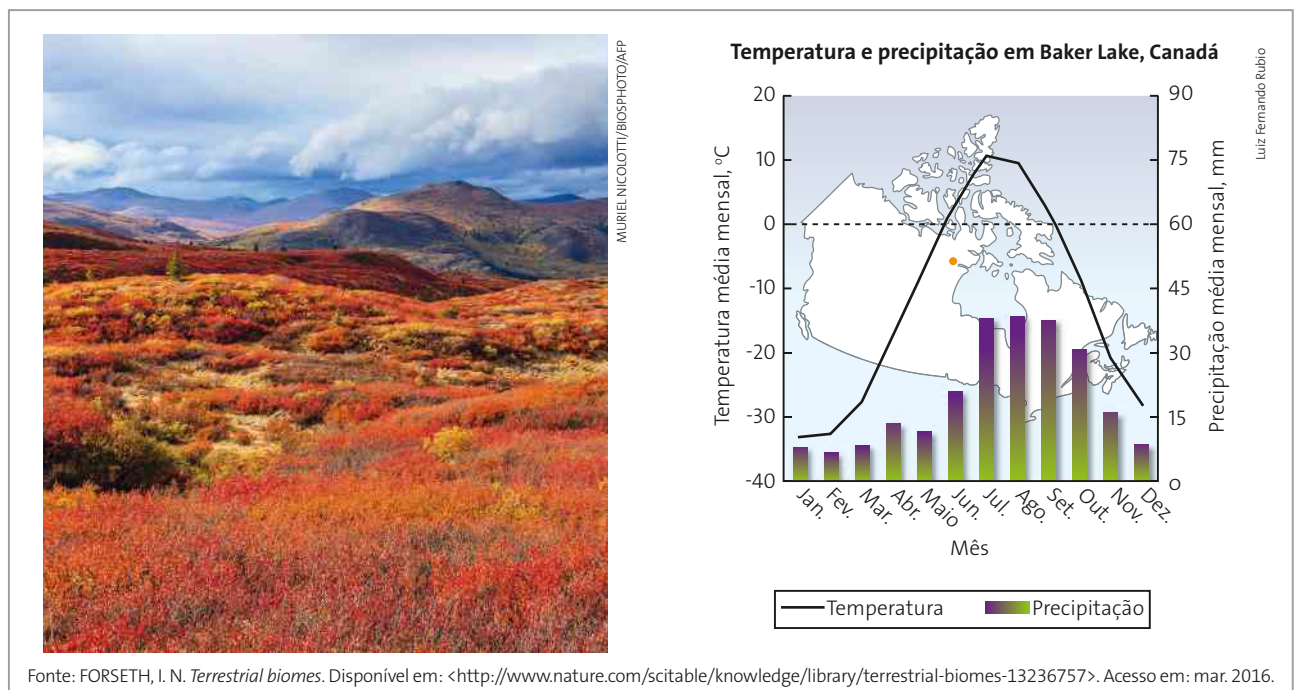
O Chaparral ocorre em locais onde os verões são quentes e secos e os invernos, moderadamente frios e úmidos. A vegetação predominante é arbustiva, com folhas perenes e duras (Fig. 3.9).



Fonte: FORSETH, I. N. *Terrestrial biomes*. Disponível em: <<http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/terrestrial-biomes-13236757>> Acesso em: mar. 2016.

Figura 3.9. Fotografia de Chaparral, na Turquia (2015), e gráfico com exemplo das variações médias mensais da temperatura em graus Celsius (ordenada da esquerda) e da pluviosidade em milímetros (ordenada da direita), ao longo dos meses do ano (abscissa), em Adana, Turquia.

A Tundra ocorre no hemisfério Norte próximo à calota polar (região de gelo permanente). O clima é muito frio e seco com apenas três meses do ano com temperaturas mais altas, mas que raramente ultrapassam os 10 °C. O solo fica congelado, exceto no verão quando ocorre o degelo da camada superficial, formando grandes brejos. A vegetação é herbácea e não há árvores ou arbustos (Fig. 3.10).



Fonte: FORSETH, I. N. *Terrestrial biomes*. Disponível em: <<http://www.nature.com/scitable/knowledge/library/terrestrial-biomes-13236757>> Acesso em: mar. 2016.

Figura 3.10. Fotografia de Tundra, no Canadá (2014), e gráfico com exemplo das variações médias mensais da temperatura em graus Celsius (ordenada da esquerda) e da pluviosidade em milímetros (ordenada da direita), ao longo dos meses do ano (abscissa), em Baker Lake, Canadá.

2. Biomas do Brasil

Os biomas brasileiros, segundo a classificação do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2004, estão representados no mapa a seguir (Fig. 3.11). Os limites representados são os mais prováveis na época da chegada dos portugueses ao Brasil, no final do século XV. Atualmente, os limites dos biomas brasileiros se mantêm, mas a vegetação nativa já é bastante alterada em função do crescimento das cidades e de desmatamentos provocados principalmente com o intuito de abrir áreas para plantio de alimentos vegetais e para pecuária.

Vivemos em uma sociedade em crescimento, que tem necessidade de mais área para habitação e produção de alimentos, mas devemos pensar em soluções sustentáveis que possam garantir o equilíbrio entre as ações humanas e os ecossistemas.



Sônia Vaz

Figura 3.11. Mapa indicando a ocorrência dos diferentes biomas brasileiros.

2.1. Amazônia

A Amazônia é a maior Floresta Tropical do planeta. Abrange nove países da América do Sul, a maior parte dela fica no Brasil (Fig. 3.12). Estima-se que a Floresta Amazônica abrigue quase 25% de todas as espécies de seres vivos da Terra. Nela está a maior bacia fluvial do mundo, representando o maior reservatório de água doce do planeta, com cerca de 20% de toda a água potável disponível.

Nessa região, o clima é quente e úmido. A temperatura média anual é de 28 °C e a pluviosidade supera os 2 500 mm por ano.



Figura 3.12. Mapa da área total da Floresta Amazônica, mostrando também a delimitação legal para preservação e a área relativa à Amazônia brasileira.

Fonte: Revista Pesquisa Fapesp, 212, out. 2013.

Quase 25% de toda a extensão da Amazônia é ocupada pelas chamadas florestas alagadas ou de várzea (Fig. 3.13). Elas ocorrem em locais de baixa altitude próximos ao litoral, sofrendo influência das marés, e no interior da floresta em áreas próximas aos rios, em especial ao Rio Amazonas, onde esse tipo de floresta ocupa maior área.



Figura 3.13. Fotografia aérea da Floresta Amazônica, com destaque para o Rio Tapajós, no município de Jacareacanga, PA (2014). Esse rio é um dos que deságuam no Rio Amazonas, contribuindo para que este seja o maior rio do mundo em volume de água.

As florestas de várzea ficam submetidas ao alagamento diário, sazonal ou imprevisível, dependendo do regime de chuvas. Com o alagamento, o solo fica enriquecido com grandes quantidades de nutrientes minerais, importantes para o desenvolvimento das plantas, o que gera maior riqueza de recursos naturais nessas áreas.

Esse é um dos fatores que têm levado à maior ocupação humana na região. Todas as grandes cidades amazônicas, e boa parte das pequenas, estão localizadas nessas áreas.

Dentro da imensa diversidade de plantas da Amazônia, destacam-se espécies que são importantes para a alimentação humana, como a castanheira, o guaraná (Fig. 3.14), o coco-de-açai e o cupuaçu (Fig. 3.15), cultivadas ou exploradas nas chamadas **reservas extrativistas**, espaços territoriais destinados à exploração sustentável e à conservação dos recursos naturais renováveis, por populações tradicionais. Em tais áreas, é possível equilibrar interesses ecológicos de conservação ambiental, com interesses sociais de melhoria de vida das populações que ali habitam.



Figura 3.14. Frutos do guaraná. Um fruto mede cerca de 2,5 cm de diâmetro.



Figura 3.15. Frutos de cupuaçu. Um fruto mede cerca de 15 cm de comprimento.

As seringueiras, de onde se extrai o látex para a fabricação de borracha, também são plantas comercialmente importantes. Existem ainda inúmeras espécies de plantas medicinais que já proporcionaram importantes descobertas para a farmacologia, caso do curare, um potente anestésico, e do quinino, usado em remédios contra a malária.

Apesar da alta diversidade de plantas, o solo das Florestas Tropicais é pobre em nutrientes. A matéria orgânica que cai sobre o solo é logo decomposta pela ação de bactérias e fungos. Em função das altas temperaturas e da umidade, o processo de decomposição é acelerado. Os nutrientes liberados são logo aproveitados pelas plantas, por isso a camada de **húmus** (matéria orgânica resultante da decomposição) é fina e superficial. O húmus contém nutrientes inorgânicos fundamentais para o desenvolvimento e o crescimento das plantas. Isso explica uma das adaptações das plantas que vivem nesses ambientes: elas têm raízes superficiais.

Os nutrientes inorgânicos retirados do solo não são suficientes para as plantas crescerem. Elas dependem da fotossíntese, processo que ocorre na presença de luz e de clorofila, em que as plantas produzem sua própria matéria orgânica a partir da água absorvida pelas raízes e do gás carbônico, que é incorporado principalmente pelas folhas.

Como as árvores nas Florestas Tropicais apresentam raízes pouco profundas, elas são facilmente derrubadas nos processos de desmatamento.

Outra característica das plantas arbóreas desse bioma é a presença de folhas com superfície ampla e lisa e extremidade afilada, o que facilita o escoamento da água das chuvas e reduz o impacto da água no solo. Sem a cobertura das árvores, o solo fica desprotegido e a água das chuvas cai diretamente sobre ele, com mais intensidade, “lavando-o” e deixando-o pobre em nutrientes. Este processo é chamado **lixiviação**.

Além do desmatamento de grandes áreas, estudos têm indicado que pequenas clareiras formadas em função da extração de madeira de valor comercial, caso do mogno, produzem efeitos prejudiciais à manutenção da diversidade, alterando inclusive o número de espécies animais que têm nessas plantas sua principal fonte de alimento.



Colocando em foco

PESCA E CAÇA DESORDENADAS

Além do desmatamento, outros modos de uso inadequado do meio vêm afetando a Amazônia. Os rios amazônicos, por exemplo, têm sido alvo da pesca desordenada, levando à redução do estoque de peixes, em especial dos que são usados na alimentação humana. É o caso do tambaqui (Fig. 3.16), um dos maiores peixes da bacia do Amazonas, que atinge cerca de 90 cm de comprimento e chega a pesar 30 kg. Antigamente, eram capturados exemplares com até 45 kg, mas em função da sobrepesca praticamente não existem mais exemplares desse porte.

Além dos peixes, os botos vermelhos (ou botos-cor-de-rosa), mamíferos aquáticos, são caçados ilegalmente para uso de sua carne como isca para peixes, em especial para a captura do peixe sem escamas conhecido por piracatinga (Fig. 3.17), que é exportado para outros países. Com isso, a população dos botos está diminuindo muito e a espécie está na lista vermelha de animais em risco de extinção.

No ambiente terrestre, a caça desordenada tem reduzido o número de animais, gerando o que alguns pesquisadores chamam de “florestas vazias”, em que há vegetação, mas as principais espécies animais não estão mais presentes ou ocorrem em número bem reduzido.



Andrea Florence/Ardea/Diomedea

Figura 3.16. Os tambaquis são alvo da pesca desordenada para consumo na alimentação humana. Chegam a medir 90 cm de comprimento.



Danielle Pedrociano / Instituto Mamirauá

Figura 3.17. Piracatingas, em cuja pesca é utilizada a carne de botos como isca. Chegam a medir 40 cm de comprimento.

2.2. Mata Atlântica

A Mata Atlântica (Fig. 3.18), assim como a Amazônia, também é uma Floresta Tropical, e ambas apresentam algumas características em comum. A diferença mais expressiva entre elas está na topografia do terreno que ocupam: a Floresta Amazônica ocupa planícies e planaltos do interior do Brasil, enquanto a Mata Atlântica ocorre na região costeira, em planícies e montanhas como a Serra do Mar. A temperatura média anual gira em torno de 21 °C, e a pluviosidade, em torno de 2240 mm.

Figura 3.18. Fotografia da Mata Atlântica em Nova Iguaçu, RJ (2014). Note a topografia da região serrana, uma das características que diferencia esse bioma da Floresta Amazônica.



Rogério Reis/Pulsar Imagens

A cadeia costeira de montanhas atua como uma barreira contra o vapor d'água que vem do oceano. Ao atingir as montanhas, esse vapor sobe e sofre resfriamento. Ocorre condensação e precipitação da água sob a forma de chuva (Fig. 3.19). Assim, produz-se uma região úmida o suficiente para suportar essa densa mata com flora e fauna exuberantes.

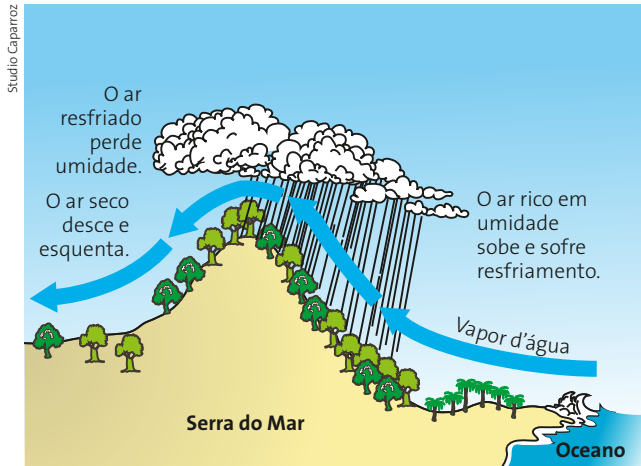


Figura 3.19. Esquema mostrando a movimentação de ar e a formação de chuva na Serra do Mar. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Segundo o IBGE, a área ocupada pelo bioma Mata Atlântica corresponde a cerca de 13% do território brasileiro. Tal área, todavia, vem sendo devastada pelo ser humano para extração de madeira, como o pau-brasil, e construção de cidades. Hoje está reduzida a aproximadamente 7% da área que ocupava no final do século XV e início do século XVI.

Mesmo reduzida e muito fragmentada (Fig. 3.20), a Mata Atlântica tem enorme importância social e ambiental: aproximadamente 70% da população brasileira vive em seu domínio. A Mata Atlântica regula o fluxo dos mananciais hídricos, influencia o clima e protege escarpas e encostas das serras. Nela nascem diversos rios que abastecem cidades e metrópoles brasileiras.

A Mata Atlântica conta com cerca de 5 mil espécies de plantas, das quais se destacam bromélias e palmeiras.

O total de mamíferos, aves, répteis e anfíbios que ocorrem na Mata Atlântica corresponde a cerca de 1 360 espécies, das quais 567 são endêmicas (só são encontradas ali), representando 2% de todas as espécies do planeta referentes apenas a esses grupos de vertebrados. Muitos desses animais estão ameaçados de extinção. Das 202 espécies ameaçadas no Brasil, 171 são da Mata Atlântica. Entre os mamíferos ameaçados de extinção estão a onça-pintada e o bugio. Entre as aves está a araponga, conhecida como a “voz da Mata Atlântica”.

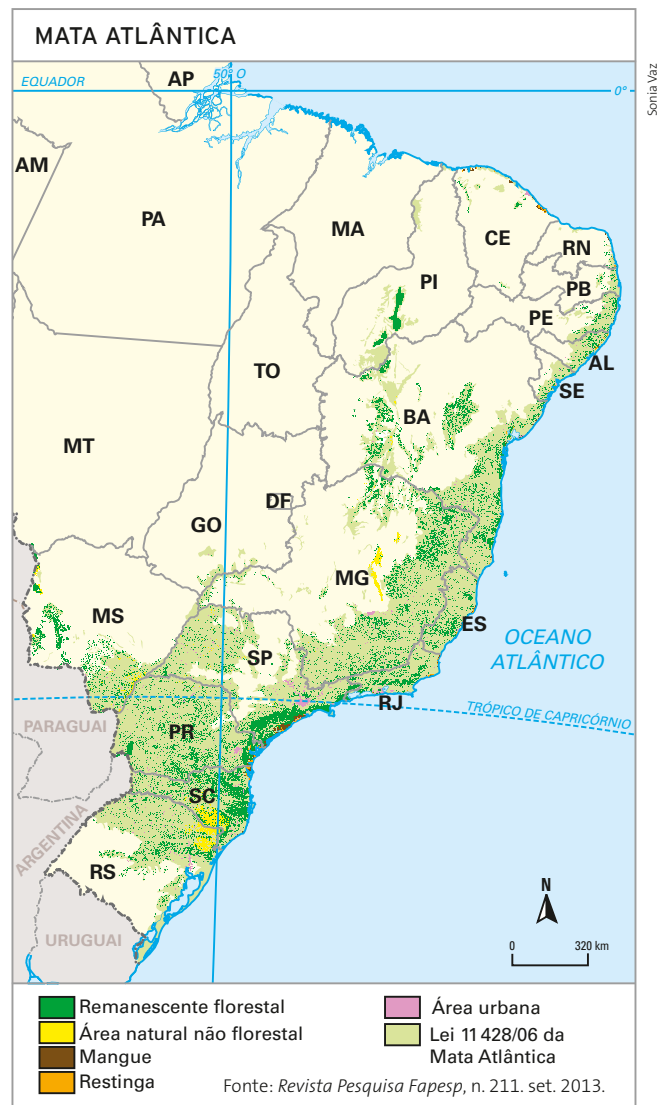


Figura 3.20. Mapa indicando o bioma Mata Atlântica e as áreas remanescentes de floresta, não florestal, de mangue e de restinga.

Na classificação de biomas empregada pelo IBGE (2004), faz parte do grande bioma Mata Atlântica a Mata de Araucárias (Fig. 3.21), que em outras classificações é considerada um bioma à parte.



Figura 3.21. Fotografia da Mata de Araucárias, no Parque Nacional das Araucárias, SC (2016).

A Mata de Araucárias ocorre no Sul do Brasil, estendendo-se de São Paulo e sul de Minas Gerais até o norte do Rio Grande do Sul, ocupando principalmente regiões do Paraná e de Santa Catarina. A temperatura média anual é de 16 °C e a pluviosidade, 1 400 mm por ano. Nela, predominam o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) e o pinheiro do gênero *Podocarpus*. A madeira do pinheiro-do-paraná tem grande importância econômica e por isso a espécie tem sido intensamente explorada, o que vem provocando drásticas reduções da mata: hoje corresponde a menos de 2% do que foi originalmente. A gralha-azul e a gralha-picaça são aves típicas dessa região.

2.3. Manguezal: um ecossistema especial

O Manguezal brasileiro desenvolve-se na região litorânea onde os rios desembocam no mar, desde o Amapá até Santa Catarina. Ele é extremamente importante, pois o local é o “berçário” de grande número de animais marinhos. Além disso, participa de modo fundamental na produtividade das regiões costeiras (Fig. 3.22). As plantas típicas desse ecossistema são popularmente chamadas de mangue vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue seriba (*Avicennia schaueriana*) e mangue branco (*Laguncularia racemosa*).



Figura 3.22. Fotografia de manguezal no estuário do rio Mamanguape, PB (2004). Por ser úmido, rico em matéria orgânica em decomposição e pobre em oxigênio, o solo dos manguezais apresenta um odor característico de enxofre (ovo podre), que é mais intenso em áreas degradadas e poluídas.

2.4. Caatinga

A Caatinga ocorre principalmente em estados do Nordeste, ocupando cerca de 10% do território brasileiro. Nessa região a temperatura média anual é de 27 °C. Há uma estação chuvosa e uma seca, com irregularidades frequentes. A pluviosidade fica entre 500 e 700 mm por ano.

A palavra **caatinga** tem origem tupi e significa “mata branca”. Nos períodos de seca, que podem se prolongar por mais de 9 meses, a maioria das plantas perde as folhas, ficando apenas os galhos esbranquiçados (Fig. 3.23). A perda das folhas constitui um dos mecanismos de proteção contra a perda de água. Além desse mecanismo, verificam-se vários outros em diferentes espécies de plantas desse bioma, tais como a redução das folhas, que em algumas espécies (como as cactáceas) têm a forma de espinhos, e o acúmulo de água nas folhas, nas raízes e nos caules.

A Caatinga tem cerca de 6 mil espécies de plantas descritas, muitas delas endêmicas (só ocorrem naquela região). Por exemplo, das 87 espécies de cactos da Caatinga, 83% são exclusivas do bioma, como o mandacaru (*Cereus jamacaru*) e o xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), esses dois ameaçados de extinção.



Figura 3.23. Fotografia da Caatinga em Carnaúba dos Dantas, RN (2014). Esse é o único bioma exclusivamente brasileiro, o que torna sua preservação extremamente importante.

As leguminosas são também muito comuns na Caatinga. Elas desempenham importante função ecológica por terem, associadas às suas raízes, bactérias capazes de fixar nitrogênio. Essa relação ecológica é fundamental para o desenvolvimento das plantas, as quais não são capazes de assimilar o gás nitrogênio (N_2) disponível no ar e no solo, mas conseguem aproveitar produtos nitrogenados derivados da transformação desse gás. As bactérias fixadoras de nitrogênio são as responsáveis por transformar o N_2 em substâncias que as plantas podem assimilar.

São exemplos de leguminosas exclusivas da Caatinga o mucunã (*Dioclea grandiflora*) e a jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*) (Fig. 3.24).

Haroldo Palo Jr.



Figura 3.24. Fotografia de jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), em Lagoa dos Gatos, PE (2012). Essa é uma planta da família das leguminosas endêmicas da Caatinga.

Com relação aos animais, destaca-se a ararinha-azul (*Cyanopsitta spixii*) (Fig. 3.25), espécie possivelmente extinta na natureza segundo a União Internacional para a Conservação da Natureza. Ainda restam 79 indivíduos que vivem em cativeiro. O projeto Ararinha na Natureza, criado em 2012, luta para que a espécie volte a existir na Caatinga.



Adriano Gambarini

Figura 3.25. Ararinha-azul é uma espécie que atualmente só pode ser encontrada em cativeiro. Mede cerca de 60 cm de comprimento.

A área ocupada pela vegetação original da Caatinga está reduzida a 54% do que era, e a principal causa do desmatamento é a derrubada de árvores nativas para a produção de lenha e carvão, usados como fonte de energia em atividades industriais (Fig. 3.26).

Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, há na Caatinga 241 espécies de peixes, 79 de anfíbios, 177 de répteis, 591 de aves, 178 de mamíferos e 221 de abelhas. Estima-se que 41% das espécies animais da Caatinga ainda permaneçam desconhecidas.

Há grande endemismo da fauna, que chega a 57% no caso dos peixes, 37% no caso dos lagartos, 12% dos anfíbios e 7% das aves.



Fonte: Revista Pesquisa Fapesp, nº 209, jul. 2013.

Figura 3.26. De acordo com a Secretaria de Biodiversidade e Florestas do Ministério do Meio Ambiente, de 2002 a 2008 a área desmatada na região de Caatinga foi de 15 mil km² – pouco mais de 2 mil km² por ano.

Quando o número de espécies endêmicas de uma região é alto, como ocorre nesse bioma, há um indicativo de que, no processo evolutivo, foram selecionadas adaptações específicas a esse ambiente. Por exemplo, são comuns nessa região duas espécies de anfíbios: a perereca *Corythomantis greeningi* e a rã *Pleurodema diplolister* (Fig. 3.27). A perereca pode permanecer entre pequenas frestas de rochas por meses, usando a cabeça altamente modificada para bloquear a entrada de seu esconderijo. Permanecendo assim, esse animal fica protegido de predadores e da dessecação. Quando chove, a perereca sai do esconderijo em busca de poças de água que se formam temporariamente, onde se reproduz. No caso da rã, ela se protege nas épocas de seca enterrando-se a mais de 1,5 m de profundidade e a reprodução só ocorre em épocas de chuva.

Figura 3.27. A rã *Pleurodema diplolister* se enterra a mais de 1,5 metro de profundidade nas épocas de seca da Caatinga. Mede cerca de 30 cm de comprimento.



Rodrigo Tinoco

2.5. Cerrado

O Cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, correspondendo a cerca de 24% do território nacional. É menor apenas que o bioma amazônico. É considerado a savana tropical mais diversificada do mundo, abrigando cerca de 7 mil espécies de plantas, sendo 44% delas endêmicas da região. Uma das características marcantes das paisagens de Cerrado é a presença de árvores com tronco e galhos bastante retorcidos (Fig. 3.28).



Figura 3.28. Fotografia de uma árvore de galhos retorcidos, típica de Cerrado, no Parque Nacional das Emas, GO (2015).

As plantas do Cerrado distribuem-se por paisagens bastante distintas, que podem ser classificadas em pelo menos três fisionomias: a **campestre**, composta predominantemente por gramíneas; a **savânica**, formada por campos abertos com árvores entre 5 m e 12 m de altura; e a **florestal** ou **cerradão**, com árvores que podem chegar a 20 m de altura (Fig. 3.29).



Figura 3.29. Fotografia de paisagem do Cerrado brasileiro: florestal ou cerradão, em Porto Nacional, TO (2015).

Essas fisionomias surgiram a partir de condições ambientais relacionadas principalmente a quatro fatores:

- **Clima:** que no Cerrado é marcadamente estacional, com períodos bem definidos de seca, intercalados com períodos de chuvas intensas.
- **Profundidade do lençol subterrâneo** (água que fica sob o solo): é maior o predomínio de gramíneas quanto mais perto da superfície está o lençol subterrâneo. Os arbustos e as árvores do Cerrado não estão adaptados ao solo úmido, mas ao solo seco. Suas raízes, no entanto, aprofundam-se e chegam até a água sob o solo, que pode estar a mais de 2 m de profundidade.
- **Solo:** ácido, pobre em nutrientes e rico em alumínio.
- **Fogo:** pode ocorrer de forma natural no Cerrado. As plantas apresentam adaptações a essa condição ambiental; o fogo é um estímulo para o brotamento de muitas plantas, para a floração, para a abertura de frutos e também para a germinação de sementes. Árvores e arbustos possuem caule com casca bem desenvolvida (cortiça), que atua como isolante térmico, conferindo proteção contra o fogo.

Em regiões onde a ocorrência do fogo é mais comum, há predomínio de gramíneas, pois suas raízes superficiais utilizam os nutrientes depositados na forma de cinzas. Dessa forma, pode-se dizer que o fogo natural é um agente importante na determinação das fisionomias do Cerrado.

Entretanto, a frequência de incêndios causados por ações humanas tem aumentado. Para o Cerrado, mesmo com todas as adaptações apresentadas pelas plantas nesse bioma, isso pode ser devastador. Uma das alternativas é fazer o manejo controlado do fogo, evitando-se danos e incêndios de grandes proporções.

Algumas das principais plantas encontradas no Cerrado são indaiá (palmeira de caule subterrâneo que em certos locais domina a paisagem, formando os campos de indaiá), capim-flecha (chega a atingir 2,5 m de altura e pega fogo com facilidade) e buriti (palmeira encontrada nas margens dos rios do Cerrado, característica das chamadas veredas).

A fauna é muito rica, incluindo a ema, maior ave das Américas, o lobo-guará, o tamanduá e o veado-campeiro.

No Cerrado é muito comum a presença de cupinzeiros, que se elevam do solo e servem de abrigo para larvas de vaga-lumes. Em determinadas épocas do ano, quando essas larvas são abundantes, elas iluminam o Cerrado à noite e proporcionam um belíssimo espetáculo de bioluminescência.

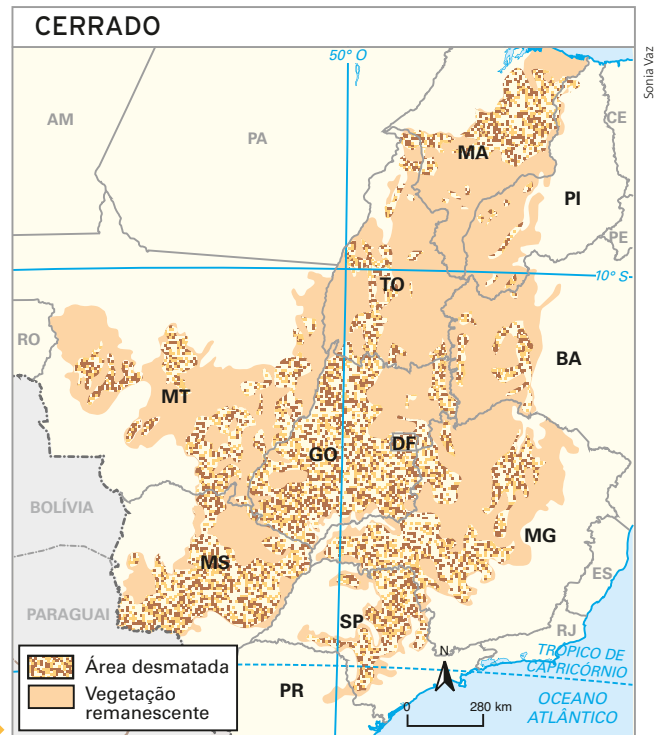
Segundo dados do Ministério do Meio Ambiente, até 2010 o Cerrado havia perdido cerca de 48,5% de sua área original.

A média anual de desmatamento do Cerrado tem sido em torno de 14,2 mil km² (Fig. 3.30).

Esse desmatamento deve-se ao crescimento urbano e, principalmente, ao crescimento da agropecuária na região. Segundo dados de 2013 do Ministério do Meio Ambiente, 41% do Cerrado é ocupado por áreas de pastagens e de culturas.

Consequentemente, o Cerrado é considerado atualmente um importante polo agrícola, pois tecnologias que permitem a correção da acidez do solo e a adubação adequada têm aumentado a produtividade em cultivos de soja, algodão, feijão, milho, café e cacau.

Figura 3.30. Mapa com indicações da área de Cerrado já desmatada e a área remanescente.



Fonte: Revista Pesquisa Fapesp, ed. 208, jun. 2013.

2.6. Pampa, ou Campo sulino

O Pampa, ou Campo sulino – considerado bioma apenas a partir de 2004 –, (Fig. 3.31) ocorre no sul do Brasil, ocupando originariamente cerca de 2% do território nacional. A temperatura média fica entre 10 °C e 14 °C no inverno e entre 20 °C e 23 °C no verão. A pluviosidade situa-se entre 500 mm e 1 000 mm por ano. Apresenta vegetação herbácea, propícia à criação de gado, atividade muito comum na região.

Hoje apenas 36% da vegetação original dos Pampas está preservada. Atualmente o Pampa é o segundo bioma mais devastado do país – o mais degradado é a Mata Atlântica (Fig. 3.32).

Nesse bioma, cerca de 2 000 espécies de plantas já foram catalogadas, das quais 990 são endêmicas dos Pampas. A palavra **pampa** significa “região plana” e tem origem na língua indígena.

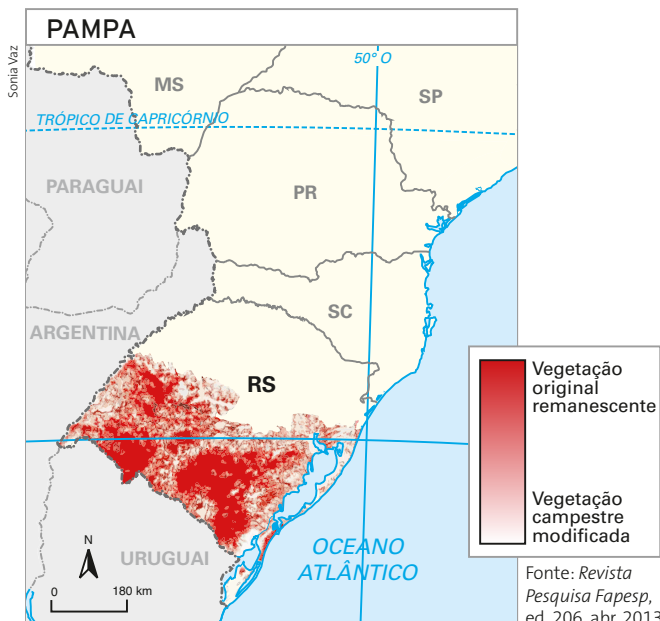


Figura 3.31. Mapa mostrando a distribuição dos Pampas, com destaque para as áreas remanescentes de vegetação que são características do bioma (vermelho-escuro) e áreas com alteração (vermelho-claro).



Figura 3.32. Fotografia de Pampa, em São Francisco de Paula, RS (2015). A implantação da atividade agropecuária sem planejamento, atraída pelo solo fértil e pelo relevo plano, desencadeou um processo de desertificação desse bioma, devido ao desgaste do solo.

2.7. Pantanal

O Pantanal abrange os estados de Mato Grosso do Sul e Mato Grosso (cerca de 1,7% do território brasileiro), estendendo-se pela Bolívia e pelo Paraguai. É uma região plana, onde os rios da bacia do rio Paraguai extravasam suas águas nos meses de cheia (outubro a abril), inundando extensas áreas (Fig 3.33). Nos meses de seca (maio a setembro), os rios voltam a seus cursos normais, deixando nutrientes que fertilizam os solos. Entretanto, muitas regiões ainda permanecem alagadas, originando pequenas lagoas entremeadas por terras firmes. Nesses locais há plantas típicas de brejos, e em locais com inundações raras pode-se encontrar vegetação típica de Cerrado, de campo e de floresta, além de buritizais, áreas ricas em uma palmeira chamada buriti.

A principal característica dessa região é a dependência de quase todas as espécies de plantas e animais em relação ao fluxo das águas. O Pantanal é a maior planície inundável do mundo e apresenta fauna muito rica. Embora o número de espécies seja inferior ao registrado na Amazônia, o número de indivíduos de algumas espécies é muito maior no Pantanal. No caso das aves, estima-se que esse bioma reúna a maior concentração do continente, observando-se com frequência árvores completamente ocupadas por grupos de garças, patos-selvagens e jaburus ou tuiuiús (ave-símbolo da região) (Fig. 3.34).

A flora e fauna do Pantanal sofrem forte influência dos biomas que estão ao redor. É possível encontrar no Pantanal vegetações típicas da Caatinga e dos Pampas. O mesmo ocorre com a fauna pantaneira: grande parte dos mamíferos ocorre no Cerrado e a maioria das aves está presente na Mata Atlântica e na Amazônia. Há também muitos peixes que ocorrem nos rios da Amazônia e do Pantanal.



Andre Dito/Pulsar Imagens

Figura 3.33. Fotografia aérea do Pantanal, em Poconé, MT (2014). Esse bioma se desenvolve em uma das maiores planícies inundáveis do mundo.

São poucas as espécies endêmicas do Pantanal, não sendo essa a característica que marca sua biodiversidade. O que marca é a abundância de indivíduos: estima-se que existam cerca de 45 mil cervos-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*), mais de 3 milhões de jacarés (*Caiman yacare*) (Fig. 3.35), 5 mil araras-azuis (*Anodorhynchus hyacinthinus*) e de 3 a 5 mil onças-pintadas (*Panthera onca*).



Rita Barreto

Figura 3.34. Tuiuiú (*Jabiru mycteria*), ave símbolo da região do Pantanal. Mede cerca de 1,60 m de altura.



Luiziano Candiani

Figura 3.35. Fotografia de população de jacarés (*Caiman yacare*). Estima-se que existam mais de 3 milhões de indivíduos dessa espécie vivendo no Pantanal. Medem cerca de 2 m de comprimento.



O PANTANAL E AS ATIVIDADES HUMANAS

A criação de gado bovino no Pantanal teve início no final do século XIX e é a principal atividade econômica dessa região. Tradicionalmente, a pecuária extensiva também obedecia ao ritmo das águas, tendo se desenvolvido inclusive raças pantaneiras de bovinos e equinos, adaptadas ao pastejo em águas rasas. Entretanto, a modernização dessa pecuária promoveu a divisão de terras e trouxe variedades exóticas de capim e a necessidade de interferir no fluxo das águas com pequenas represas, estradas, dragagens e drenagens, além de difundir o uso de pesticidas.

A pesca é outra atividade bastante desenvolvida, pois há riqueza de peixes de interesse para a alimentação humana. Porém os peixes estão diminuindo de tamanho e tornando-se mais raros, nítidos sinais de superexploração. A isso se somam problemas de contaminação por pesticidas e poluição industrial, sobretudo nos rios que vêm do planalto. O aumento que vem ocorrendo no turismo na região precisa ser bem orientado para não causar mais danos ao ambiente. Além disso, ocorrem ainda problemas com a mineração, caça ilegal, aumento do lixo urbano e projetos de navegação.

O Pantanal é hoje considerado uma área vulnerável e de prioridade máxima para conservação. A figura 3.36 mostra um exemplo de interação entre espécies animais que pode vir a sofrer consequências da intervenção humana sobre a região.

Fotografias: Luciano Candiani



Figura 3.36. Pesquisadores observaram que peixes chamados piraputangas (comprimento: 50 cm) concentram-se em regiões de nascente, caracterizadas pela limpidez das águas. Quando macacos-prego (comprimento: 35 a 50 cm) se alimentam dos frutos das árvores ao redor da água, deixam cair frutos, e estes servem de alimento aos peixes. À medida que os macacos se deslocam de árvore em árvore, os cardumes de piraputangas os seguem.

3. Ecossistemas aquáticos

O estudo dos ecossistemas aquáticos envolve pesquisas nas áreas de Química, Física, Biologia e Geologia. Para entender esses ambientes, precisamos saber qual é a composição química dos corpos d'água, sejam eles rios, lagos ou oceanos; precisamos conhecer características como temperatura, pressão e turbidez da água; devemos entender a estrutura geológica do local, entre outros aspectos. Todos esses fatores interferem na ocorrência e distribuição dos organismos.

Os ecossistemas aquáticos estão representados pelos oceanos, rios (lóticos) e lagos (lênticos). Neles, os seres vivos são classificados em três grandes categorias:

- **plâncton:** compreende organismos geralmente microscópicos que vivem em suspensão na coluna de água, sendo passivamente carregados pelas correntezas. No plâncton os organismos clorofilados compõem o **fitoplâncton** (algas) (Fig. 3.37), e os não clorofilados, especialmente protozoários e pequenos animais, constituem o **zooplâncton** (Fig. 3.38);
- **nécton:** compreende os animais nadadores ativos que vivem na coluna de água, como é o caso de muitos peixes;
- **bentos:** compreende organismos que vivem em contato com o substrato do fundo, de forma fixa (sésil), como os corais e as algas, ou de forma vágil, isto é, deslocando-se livremente, como os caranguejos.

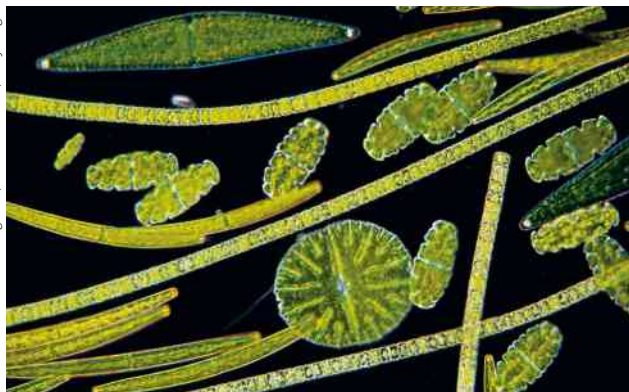


Figura 3.37. Fotomicrografia de fitoplâncton marinho. As formas alongadas, como a que aparece no centro, são algas filamentosas multicelulares. As células individualizadas medem entre 10 µm e 300 µm de comprimento.



Figura 3.38. Fotomicrografia de zooplâncton marinho. Os animais fotografados são pequenos crustáceos copépodes que medem entre 1 mm e 5 mm de comprimento.

3.1. Oceanos

A ciência que estuda os oceanos, incluindo seus aspectos físico-químicos, geológicos e biológicos, é a **Oceanografia**.

Os oceanos cobrem cerca de 70% da superfície da Terra, constituindo o maior ambiente natural do planeta. Sua profundidade média fica em torno de 4 000 m; a máxima é cerca de 11 000 m, nas fossas Marianas, no mar das Filipinas.

Quando comparados ao ambiente terrestre, os oceanos apresentam menor variação dos fatores abióticos, sendo que os mais importantes são: temperatura, salinidade, penetração de luz e disponibilidade de nutrientes minerais, além das correntes e marés.

A **temperatura** superficial da água varia de acordo com as estações do ano e com a latitude. No entanto, essa variação é menor que a observada no ambiente terrestre, pois os oceanos retêm maior quantidade de calor, liberando-o mais lentamente que a terra.

A temperatura da água tende a diminuir com a profundidade, mantendo-se mais constante nas águas profundas, entre 2,5 °C e 4 °C.

A água do mar contém sais dissolvidos em forma de íons. Mais de 75% desses íons correspondem ao Cl^- (cloro) e ao Na^+ (sódio). A **salinidade** da água em mar aberto, medida em função desses íons, é da ordem de 35 partes por mil. Em regiões próximas à costa, a salinidade da água do mar pode ser menor e mais variável do que em regiões de mar aberto, devido à influência dos rios e das chuvas.

As **correntes marinhas** resultam da ação combinada dos ventos, da rotação da Terra e de diferenças de densidade da água em função da temperatura e da salinidade. As águas mais frias e mais salinas são mais densas e tendem a afundar, enquanto as águas mais quentes e com menor salinidade são menos densas e tendem a subir.

As principais correntes oceânicas contribuem para a dispersão dos organismos marinhos e exercem importante papel no clima, como vimos no capítulo anterior.

As **marés** se expressam pelos ciclos diários de variação do nível da água, em uma faixa que vai de poucos decímetros até mais de 10 m. Os ciclos de maré resultam da influência conjunta da atração gravitacional do Sol e da Lua.

Em função da **penetração de luz** nos oceanos, é possível distinguir duas zonas principais:

- **zona fótica:** iluminada e rica em algas, que realizam fotossíntese, e em animais. O limite inferior dessa zona varia em função da turbidez da água. Em regiões de pequena turbidez, como em alto-mar, a zona fótica estende-se até cerca de 200 m de profundidade. À medida que a luz penetra na água, ocorre absorção dos comprimentos de onda longos, como os correspondentes ao vermelho e ao amarelo. Os comprimentos de onda curtos, correspondentes ao verde e ao azul, penetram mais profundamente na água. Por isso o mar profundo nos parece azul. Com a perda gradual desses comprimentos de onda, a escuridão passa a ser total. A fotossíntese ocorre na zona fótica, estando ausente na escuridão total das profundezas oceânicas;
- **zona afótica:** ausência total de luz. É a condição encontrada nas profundezas oceânicas, abaixo da zona fótica.

Os oceanos geralmente apresentam baixa concentração de **nutrientes minerais**, que são fundamentais para o desenvolvimento de vida. Nas regiões próximas à costa, a concentração desses nutrientes é maior, principalmente em virtude do desaguamento de rios, que trazem nutrientes lixiviados da terra.

Em alto-mar, a concentração desses nutrientes é baixa: grande parte deles encontra-se no fundo. Assim, há menor número de organismos em alto-mar do que em regiões próximas à costa. Entretanto, em

certos locais existem correntes, chamadas **correntes de ressurgência**, que trazem para a superfície parte dos nutrientes minerais acumulados no fundo. As águas superficiais ficam, então, enriquecidas, havendo proliferação de algas e de animais. Nesses locais de ressurgência há abundância de peixes, como ocorre na costa do Peru e em menor intensidade no Brasil, na região de Cabo Frio, Rio de Janeiro.

Durante muito tempo pensou-se que nas zonas profundas dos oceanos não houvesse vida. Entretanto, foi possível verificar que nessas regiões há animais que apresentam adaptações à ausência de luz e à escassez de alimento.

Nos oceanos, plantas e animais mortos da zona fótica caem lentamente em direção ao fundo, fenômeno denominado chuva de detritos. Ao longo do trajeto, esse material vai sendo aproveitado por animais das camadas mais inferiores. Além disso, bactérias iniciam a degradação dos organismos mortos. O material que não é aproveitado durante esse trajeto atinge finalmente as regiões profundas, servindo de alimento para os animais que aí vivem — animais saprófagos. Além dos saprófagos, encontram-se também predadores, que se alimentam de outros animais.

Muitos dos peixes das profundezas são pequenos, não atingindo mais que alguns centímetros. Apresentam boca ampla e estômago dilatável, adaptações importantes à escassez de alimento. Apesar de alguns desses animais serem cegos, a maioria apresenta bioluminescência (produção de luz) e olhos bem desenvolvidos e sensíveis à luz. Essas características parecem estar relacionadas com o reconhecimento entre as espécies, com um modo de assustar os inimigos ou com uma maneira de atrair presas (Fig. 3.39).

Dante Fenolio/Photo Researchers/Latinstock



▲ **Figura 3.39.** Fotografia de peixe abissal do gênero *Melanocetus*, que é bioluminescente. Os machos de *Melanocetus johnsonii* medem cerca de 3 cm, e as fêmeas, em torno de 18 cm. Os dentes permitem segurar presas proporcionalmente enormes, quase do comprimento do predador.

Em 1977 foram descobertas, na região de Galápagos, comunidades abissais diferentes das comunidades até então conhecidas. Elas ocorrem entre 2 000 m e 4 000 m de profundidade dos oceanos, desenvolvendo-se junto às chamadas fontes termais, que podem ser formadas em fendas existentes na crosta terrestre no fundo do mar. Por essas fendas a água do mar penetra e é aquecida pelo calor interno da Terra. A água aquecida sobe e sai por pequenos orifícios do assoalho marinho, formando as fontes termais. Ao subir, além de aquecer toda a região ao seu redor, essa água carrega nutrientes e gases dissolvidos, como o H_2S , utilizado por bactérias especiais em um processo de síntese de matéria orgânica a partir da inorgânica, na ausência de luz. Esse processo é chamado de quimiossíntese. Ao redor dessas fontes termais submarinas desenvolve-se toda uma comunidade especial, com grande número de indivíduos e com algumas espécies típicas representadas por indivíduos de grande porte, como alguns bivalves (Fig. 3.40) e vermes tubícolas (Fig. 3.41).

Toda essa comunidade é sustentada por organismos produtores não fotossintetizantes — as bactérias quimiossintetizantes — e não depende da matéria orgânica que cai das camadas superiores de água.

Figura 3.40. Fotografia de bivalve típico das comunidades ao redor das fontes termais submarinas. Mede cerca de 35 cm de comprimento. >



Peter Batson/DeepSeaPhotography.com

Figura 3.41. Fotografia de organismos típicos das fontes termais: os animais tubícolas chegam a medir cerca de 1 m de altura. Não têm sistema digestório e dependem da matéria orgânica produzida pelas bactérias quimiossintetizantes que vivem em mutualismo em seus tecidos. >



Ralph White/Corbis/Latinstock

3.2. Lagos e rios

Os ecossistemas de água doce são estudados por uma área irmã da oceanografia, a **limnologia** (do grego: *limne* = lago e *logos* = estudo).

Os ecossistemas de água doce podem ser divididos em duas categorias:

- **ecossistemas lênticos**: formados por lagos, lagoas e poças e caracterizados por águas paradas;
- **ecossistemas lóticos**: formados pelos rios, que têm água em movimento.

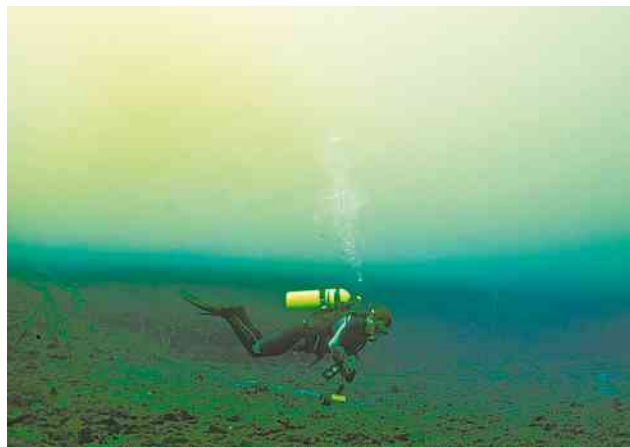
Os lagos (Fig. 3.42) são considerados locais de águas paradas, pois não apresentam correntezas, como os oceanos e os rios. No entanto, lagos podem apresentar movimentos verticais periódicos em suas massas de água superficiais e profundas. Seu padrão de circulação vertical depende especialmente da temperatura ao longo das estações do ano.

A água, como todos os líquidos, sofre contração com o resfriamento. Entretanto, ela apresenta uma particularidade importante: entre 0 °C e 4 °C, sofre expansão

e diminuição da densidade. Isso faz com que o gelo, sendo menos denso que a água líquida, flutue sobre ela. Explica-se, assim, por que os *icebergs* (blocos de gelo que flutuam nos mares das regiões ártica e antártica) não afundam e por que os lagos das regiões frias ficam cobertos por camadas de gelo no inverno.

Nos ecossistemas lóticos, como os rios (Fig. 3.43), o constante movimento das águas formando correntes determina um ambiente rico, verticalmente mais homogêneo em termos de temperatura, oxigênio e nutrientes minerais.

As características dos organismos dos rios dependem da velocidade das correntes de água. Em águas rápidas praticamente não há plâncton. Nesses locais existem pequenas algas e musgos aderidos à superfície das pedras, além de animais invertebrados com o corpo achatado, uma característica que lhes permite viver sob as pedras. Há ainda animais que nadam livremente e outros com estruturas especiais de fixação às pedras, não sendo arrastados pelas correntes, como as larvas do borrachudo.



Luciano Candisani

▲ **Figura 3.42.** Grande proliferação de fitoplâncton em um lago, formando uma densa camada superficial mais turva, na Península de Yucatán (México).



Luciano Candisani

▲ **Figura 3.43.** Em rios, a movimentação da água dificulta a proliferação de plâncton, possibilitando a ocorrência de ambientes mais límpidos. Fotografia da nascente do Rio Sucuri, no Mato Grosso do Sul.



Tema para discussão

O fogo: inimigo ou amigo?

Entre os grandes causadores do aumento do efeito estufa estão as queimadas e os incêndios florestais. Além desse aspecto negativo do fogo, há outros relacionados com a destruição da flora, da fauna e dos solos.

Há, no entanto, um ecossistema brasileiro particular que depende do fogo para se manter: o cerrado. [...]

A vida que surge das cinzas

[...]

Espantosa é a rapidez com que novos brotos são emitidos logo após uma queimada. Poucas semanas são necessárias para que o verde volte à tona, deixando de lado o pálido cinza impresso pelo fogo. Muitas espécies, ainda, ressurgem com flores, e o cerrado, quase que milagrosamente, transforma-se em um verdadeiro jardim.

REGISTRE
NO CADERNO





▲ Fotografia de canela-de-ema (*Vellozia squamata*) rebrotando após incêndio no Cerrado. Essa planta chega a medir cerca de 2 m de altura.

A tortuosidade do fogo

[...]

Adaptadas durante anos com a condição de clima seco e quente da zona de ocorrência do bioma, as espécies típicas do cerrado desenvolveram uma fisionomia peculiar, resultante da constante ação das queimadas. Parece que o fogo impede o crescimento de caules retilíneos (ou monopodiais), à medida que provoca a morte de gemas terminais, que são as estruturas responsáveis pelo crescimento em altura. Com o brotamento das gemas laterais, responsáveis pelo crescimento lateral, o caule acaba tomando essa aparência tortuosa tão característica. A espessura do caule também parece ser uma adaptação ao fogo, já que o súber, constituinte da casca, serve como um isolante térmico, impedindo, assim, a morte de tecidos vivos mais internos ao caule, principalmente no estrato arbustivo e arbóreo.

Bicho que corre de fogo

Quando se fala em incêndios em áreas de reserva ambiental, não se deve esquecer dos danos à fauna. Instintivamente, os animais sabem se proteger do fogo à sua maneira: fugindo. Antigamente, já ocorriam queimadas em cerrados iniciadas por um raio, por exemplo. O grande problema de hoje em dia, porém, está na limitação à liberdade dos bichos imposta pelo homem. [...] Há fazendas com plantações e cercas de arame farpado que impedem os animais de escaparem do árduo e mortal calor.

Porém, não se deve conferir ao fogo apenas o atributo de devastador quando se fala em fauna. Logo após uma queimada, com o ressurgimento de flores, há imensa disponibilidade de néctar e pólen, um verdadeiro banquete para muitos insetos. [...]

Conservação pelo fogo

Parece bastante controverso sugerir a preservação do cerrado ateando-se fogo. Mas não. Protegê-lo totalmente do fogo é impossível, visto que as queimadas ocorrem naturalmente por fatores já mencionados anteriormente. Logo, é razoável que se façam queimadas programadas a fim de se evitar incêndios desastrosos e de gravidade bastante ampla. Utilizando-se de queimadas de forma adequada, levando-se em consideração o objetivo do seu uso para o manejo do cerrado, a direção do vento e as condições climáticas da região, pode-se diminuir periodicamente a biomassa seca e evitar possíveis grandes danos de uma queimada não planejada. Dessa forma, atear fogo em áreas limitadas e restritas reduziria os efeitos de incêndios predatórios e descontrolados, podendo ser muito benéfico para o ecossistema.

MARTIN, G. *A fênix do cerrado*. Disponível em: <<http://www2.ibb.unesp.br/departamentos/Educacao/Trabalhos/coisasdecerrado/FOGO/fogodocerrado.htm>>. Acesso em: mar. 2016.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Selecione no texto termos que não conhece e pesquise o significado deles. Depois, elabore um resumo com esses significados. Uma vez concluída essa tarefa, troque com os colegas os resumos e discutam sobre os termos em que houver discordância de interpretação.
2. A cultura de um povo é fundamental para a aceitação de procedimentos pautados na ciência. A informação e a educação são fatores fundamentais nesse processo. Assim, seja um agente na difusão do conhecimento. Junto com os colegas, releiam o texto e, com base nas informações que ele contém e em outras fontes de consulta, elaborem um folheto explicativo sobre a importância do fogo no Cerrado.
3. No parágrafo final do texto, é mencionado um aspecto positivo dos incêndios, naturais ou provocados, no Cerrado. Se você fosse o administrador de um parque na Mata Atlântica, estenderia o que se menciona nesse trecho para o parque? Justifique sua resposta.

Professor(a), com estas questões, pretendemos incentivar o uso de dicionário e estimular a elaboração de texto por parte dos estudantes. Aproveite também para trabalhar noções de cidadania com as questões 2 e 3.



Retomando

Como você viu, a diversidade de ecossistemas terrestres e aquáticos é muito grande. Retome suas respostas às questões da seção **Pense nisso** e procure reescrevê-las, adicionando o conhecimento que obteve com o estudo deste capítulo. Pense também no que aprendeu no capítulo anterior e amplie sua interpretação: que relações você consegue identificar entre a localização geográfica dos grandes biomas e suas características abióticas? A região onde você mora se insere em qual bioma? Quais características do ambiente lhe permitem afirmar isso?

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO



Atividade 1 Construindo um pluviômetro Habilidades do Enem: H2, H6, H7, H8, H17, H20.

Nosso pluviômetro será extremamente simples, mas adequado para medir a pluviosidade ao longo de períodos curtos, desde que instalado de maneira correta. Nesta atividade, você empregará seus conhecimentos matemáticos.

Material:

- uma garrafa PET;
- um recipiente graduado que permita medir volumes de líquidos, como uma mamadeira ou um copo de medida;
- régua;
- tesoura.

Siga as instruções:

Corte a garrafa PET transversalmente, pouco abaixo da altura em que ela se afunila para formar o gargalo, como no esquema abaixo. Esse será o recipiente coletor de água da chuva.

Com a régua, meça o diâmetro da boca em centímetros, com uma casa decimal de precisão. Calcule, então, a área aproximada da abertura do recipiente em cm^2 . Para isso, use a fórmula que se segue:

$$\text{Área} = \pi \cdot R^2$$

em que:

$$\pi \approx 3,14$$

R é o raio (metade do diâmetro).

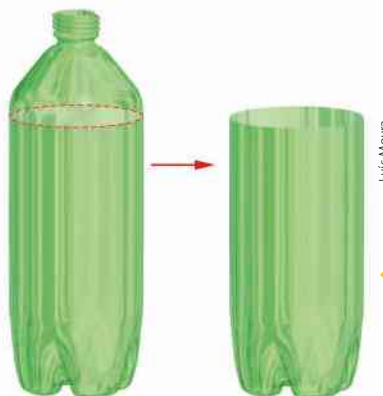
Esse valor será importante para o cálculo da precipitação.

Posicione seu recipiente coletor em um local aberto, de maneira que não vire com o vento ou devido a outro fator qualquer. Depois de uma chuva, meça a quantidade de água contida nele usando o recipiente dosador e anote no caderno a data e o volume de água em mililitros (ou centímetros cúbicos: $1 \text{ mL} = 1 \text{ cm}^3$).

Resolva, então, os seguintes problemas:

- Quantas vezes a área da abertura de seu pluviômetro (em cm^2) cabe em um metro quadrado (que equivale a $10\,000 \text{ cm}^2$)?
- Considerando a quantidade de água de chuva que você coletou e mediu, qual seria o volume coletado (em litros) se a abertura de seu recipiente fosse de 1 m^2 ?
- Considerando que cada litro de água que cai em uma área de 1 m^2 corresponde a 1 mm de precipitação, qual é a medida da precipitação durante o período de exposição?
- Analisando de modo crítico o seu artefato, e considerando que ele está aberto e exposto ao ar, qual seria um possível motivo para sua medida ser imprecisa, representando uma pluviosidade menor que a real?

π (letra grega Pi) = constante matemática resultante da razão entre a circunferência de qualquer círculo e seu diâmetro; é um número irracional.



Luís Moura

Esquema demonstrando como pode ser montado o recipiente para coleta de água da chuva.

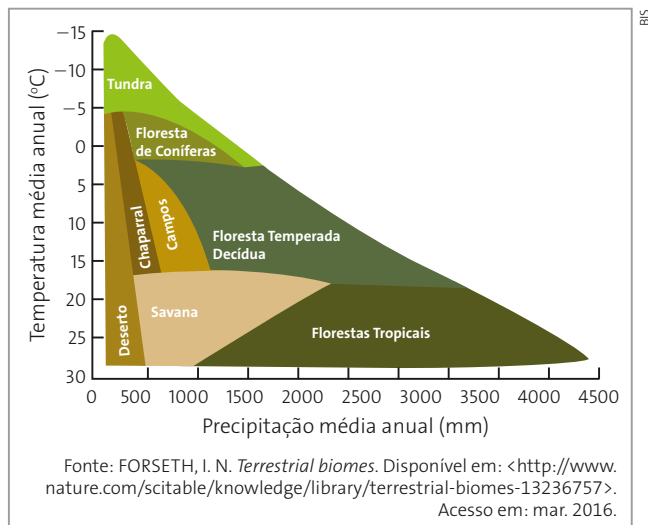
- e) Como você modificaria a construção de seu pluviômetro de modo a evitar essa possível deficiência?
- f) Se em vez de um recipiente dosador você apenas tivesse uma régua, como você faria para medir o volume captado de água? Explique todo o procedimento.

Atividade 2 Reconhecendo os biomas mundiais por sua temperatura e precipitação

Habilidades do Enem: H9, H17, H19, H28.

No gráfico a seguir, cada área colorida representa um bioma e está delimitada por uma faixa de variação na precipitação anual e por outra, de variação da temperatura.

- a) Analise os dados da tabela a seguir e localize em que parte do gráfico situam-se os diferentes pontos (de A a I), identificando o bioma correspondente a cada um deles.
- b) Para cada um dos biomas que você relacionou no item a, consulte o texto do livro e também outras fontes de informação, para fazer um resumo com as características básicas da vegetação.



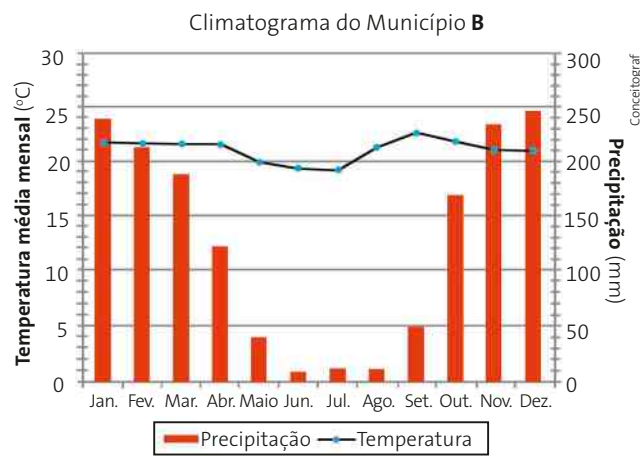
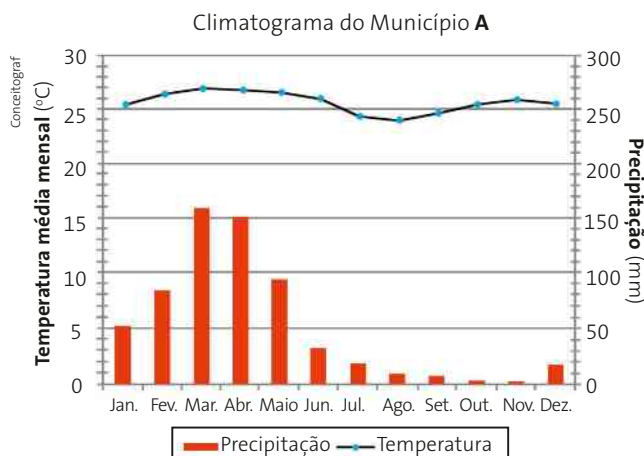
Locais	Temperatura média anual (°C)	Precipitação anual (mm)
A	-8	500
B	-1	890
C	12	1660
D	26	253
E	27	700
F	8	750
G	25	3760
H	27	2240
I	13	505

↗ Distribuição dos biomas mundiais em relação à média anual da temperatura e da precipitação. Note que há desertos em regiões frias, em função dos baixos índices pluviométricos.

Atividade 3 Biomas savânicos brasileiros

Habilidades do Enem: H1, H4, H17, H28.

A seguir são apresentados climatogramas de dois municípios brasileiros, identificados como A e B:



Dados elaborados pelos autores.

↗ Climatogramas de dois municípios brasileiros, contendo informações de temperatura e precipitação ao longo do tempo.

- a) Com os dados apresentados nos gráficos, construa no caderno duas tabelas (A e B) com 3 colunas cada uma. Na primeira coluna de cada tabela deverão estar listados os 12 meses do ano; na segunda, os valores aproximados da temperatura média mensal; e na terceira coluna ficarão os valores da precipitação mês a mês, também aproximados.

- Faça o cálculo aproximado das temperaturas médias anuais para cada um dos municípios (A e B).
- Qual é o intervalo entre as temperaturas médias mensais mínima e máxima em cada município? Compare esses valores entre A e B. Você acha que essas variações são muito grandes?
- Com os dados organizados nas tabelas, some os valores aproximados de precipitação dos 12 meses para cada município. Qual é a precipitação anual em cada um deles?
- Você percebe sazonalidade no regime de chuvas dos municípios A e B? Justifique.
- Com as informações que você extraiu dos gráficos e com base no texto do livro, identifique em que bioma ou biomas provavelmente se situam os municípios A e B.

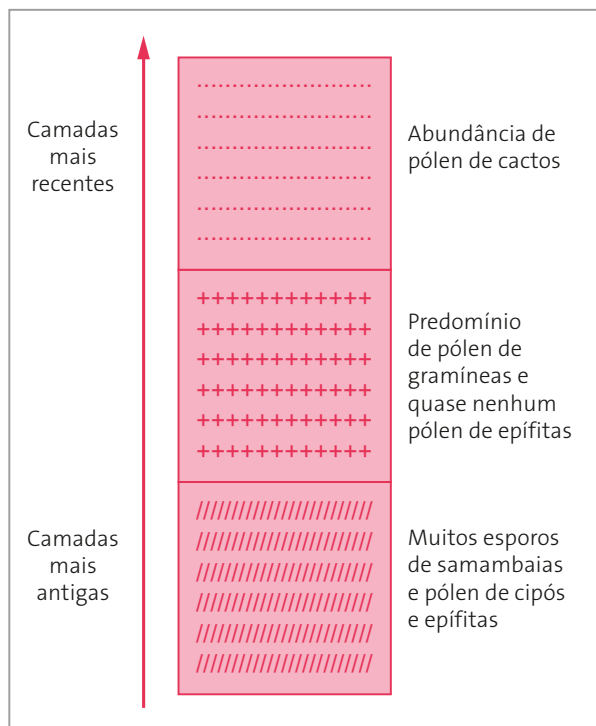


Testes

REGISTRE
NO CADERNO



- (Enem) A análise de esporos de samambaias e de pólen fossilizados contidos em sedimentos pode fornecer pistas sobre as formações vegetais de outras épocas. No esquema a seguir, que ilustra a análise de uma amostra de camadas contínuas de sedimentos, as camadas mais antigas encontram-se mais distantes da superfície.



Essa análise permite supor-se que o local em que foi colhida a amostra deve ter sido ocupado, sucessivamente, por

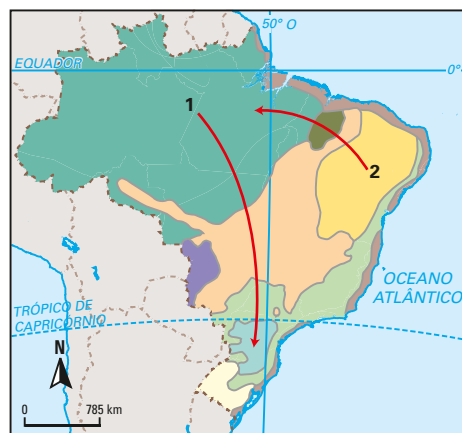
- floresta úmida, campos cerrados e caatinga.
- floresta úmida, floresta temperada e campos cerrados.

- campos cerrados, caatinga e floresta úmida.
- caatinga, floresta úmida e campos cerrados.
- campos cerrados, caatinga e floresta temperada.

- (Enem) Dentre outras características, uma determinada vegetação apresenta folhas durante três a quatro meses ao ano, com limbo reduzido, mecanismo rápido de abertura e fechamento dos estômatos e caule suculento. Essas são algumas características adaptativas das plantas ao bioma onde se encontram. Que fator ambiental é o responsável pela ocorrência dessas características adaptativas?

- Escassez de nutrientes no solo.
- Estratificação da vegetação.
- Elevada insolação.
- Baixo pH do solo.
- Escassez de água.

- (Enem) Dois pesquisadores percorreram os trajetos marcados no mapa. A tarefa deles foi analisar os ecossistemas e, encontrando problemas, relatar e propor medidas de recuperação.



A seguir, são reproduzidos trechos aleatórios extraídos dos relatórios desses dois pesquisadores. Trechos aleatórios extraídos do relatório do pesquisador P₁:

- I. “Por causa da diminuição drástica das espécies vegetais deste ecossistema, como os pinheiros, a gralha-azul também está em processo de extinção.”
- II. “As árvores de troncos tortuosos e cascas grossas que predominam nesse ecossistema estão sendo utilizadas em carvoarias.”

Trechos aleatórios extraídos do relatório do pesquisador P₂:

- III. “Das palmeiras que predominam nesta região podem ser extraídas substâncias importantes para a economia regional.”
- IV. “Apesar da aridez desta região, em que encontramos muitas plantas espinhosas, não se pode desprezar a sua biodiversidade.”

(*Ecossistemas brasileiros: mapa da distribuição dos ecossistemas.*
Disponível em: <http://educacao.uol.com.br/ciencias/ult1885u52.jhtm>.
Acesso em: 20 abr. 2010. Adaptado.)

Os trechos I, II, III e IV referem-se, pela ordem, aos seguintes ecossistemas:

- a) Caatinga, Cerrado, Zona dos Cocais e Floresta Amazônica.
- x b) Mata de Araucárias, Cerrado, Zona dos Cocais e Caatinga.
- c) Manguezais, Zona dos Cocais, Cerrado e Mata Atlântica.
- d) Floresta Amazônica, Cerrado, Mata Atlântica e Pampas.
- e) Mata Atlântica, Cerrado, Zona dos Cocais e Pantanal.

4. (UFPI) Considere o texto a seguir:

“São encontrados(as) desde o Amapá até Santa Catarina, nos estuários de vários rios, apresentando solos alagados e instáveis, ricos em matéria orgânica e pouco oxigenados e são áreas de reprodução de diversas espécies marinhas.”

O texto refere-se:

- a) às florestas tropicais.
- b) às florestas temperadas.
- x c) aos manguezais.
- d) aos cerrados.
- e) às matas de araucária.

5. (Enem)



BRASIL. Ministério do Meio Ambiente/IBGE. Biomas. 2004 (adaptado).

No mapa estão representados os biomas brasileiros que, em função de suas características físicas e do modo de ocupação do território, apresentam problemas ambientais distintos. Nesse sentido, o problema ambiental destacado no mapa indica

- x a) desertificação das áreas afetadas.
- b) poluição dos rios temporários.
- c) queimadas dos remanescentes vegetais.
- d) desmatamento das matas ciliares.
- e) contaminação das águas subterrâneas.

6. (Fuvest-SP)

*São Paulo gigante, torrão adorado
Estou abraçado com meu violão
Feito de pinheiro da mata selvagem
Que enfeita a paisagem lá do meu sertão*

Tonico e Tinoco, *São Paulo Gigante*.

Nos versos da canção dos paulistas Tônico e Tinoco, o termo “sertão” deve ser compreendido como

- a) descritivo da paisagem e da vegetação típicas do sertão existente na região Nordeste do país.
- b) contraposição ao litoral, na concepção dada pelos caixas, que identificam o sertão com a presença dos pinheiros.
- c) analogia à paisagem predominante no Centro-Oeste brasileiro, tal como foi encontrada pelos bandeirantes no século XVII.
- d) metáfora da cidade-metrópole, referindo-se à aridez do concreto e das construções.
- x e) generalização do ambiente rural, independentemente das características de sua vegetação.

Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria

Biosphoto/Thierry Montford/Diomedea



Figura 4.1. Os beija-flores, exemplificados nessa fotografia pelo beija-flor-tesoura (*Eupetomena macroura*; mede cerca de 20 cm de comprimento), são muito ágeis. Essas aves são capazes de bater as asas dezenas de vezes por segundo e, por isso, conseguem pairar no ar. Os beija-flores têm o metabolismo mais acelerado entre as aves, portanto alimentam-se com mais frequência. O seu principal alimento é o néctar de flores, mas eles também caçam pequenos insetos com grande habilidade em voos curtos. Além disso, têm um papel importante na polinização de muitas plantas. Na época da reprodução, após a cópula, a fêmea constrói o ninho em uma árvore usando musgos, líquens e restos de folhas e de teias de aranha. O macho defende o território enquanto a fêmea incuba os ovos. Os filhotes são alimentados pela fêmea, principalmente com insetos, e deixam o ninho com 14 a 22 dias de vida.



Pense nisso

- Na legenda da fotografia acima são descritos aspectos da vida de beija-flores. Para construir o ninho, essas aves precisam de alguns elementos. De onde vêm esses elementos?
- O beija-flor depende de outros organismos para viver? Quais?
- Cite alguns animais que você conhece e do que cada um deles se alimenta.
- Como é a nutrição de outros organismos, como plantas, fungos e bactérias? De onde vem o alimento desses organismos? A função do alimento para os seres que citou é a mesma função do alimento que você come?
- O que acontece com o corpo de um organismo quando ele morre?
- Explique a importância da água para a nossa vida e para a dos demais seres vivos.

1. Hábitat e nicho ecológico

No capítulo anterior, foram discutidos os biomas terrestres e os ecossistemas aquáticos. Durante o estudo, foram destacados os principais fatores abióticos que atuam sobre as comunidades.

Considerando qualquer um dos ecossistemas mencionados, os organismos neles presentes estão constantemente interagindo entre si e com os fatores abióticos, dando origem a uma complexa rede de relações. Cada organismo tem o seu lugar e a sua função nessa rede de relações.

O lugar onde um organismo vive é o seu **hábitat**, e o modo de vida, ou forma de interagir com os demais

componentes do ecossistema, constitui o seu **nicho ecológico**. Podemos dizer que hábitat refere-se ao ambiente, enquanto nicho diz respeito ao organismo (Fig. 4.2).

Assim, em um ecossistema representado por uma lagoa, o hábitat de uma alga microscópica planctônica é a coluna de água em que há luz para a fotossíntese. Seu nicho ecológico pode ser assim resumido: ela necessita de luz, de nutrientes minerais, de temperatura adequada, realiza fotossíntese, reproduz-se, serve de alimento para determinados animais e afeta a composição química do meio, especialmente quanto aos gases e nutrientes dissolvidos.



Ludiano Candisani



Ludiano Candisani

Figura 4.2. As fotografias acima exemplificam algumas das interações que uma sucureia (à esquerda) e um miqui (à direita) estabelecem com o ambiente. A sucureia tem como hábitat rios, lagos e matas próximas a esses locais. Faz parte de seu nicho ser predadora, alimentando-se de diversos animais, caso do peixe piraputanga, na fotografia, que ela capturou dentro de um rio no Pantanal. Já o miqui tem como hábitat a copa das árvores na região da Mata Atlântica. Faz parte de seu nicho alimentar-se do néctar das flores. A sucureia da fotografia mede cerca de 4 m de comprimento e o miqui, cerca de 80 cm de comprimento, sem contar a cauda.

2. Os componentes estruturais de um ecossistema

Os ecossistemas apresentam dois componentes estruturais básicos e intimamente inter-relacionados:

- componentes **abióticos**: podem ser físicos (como a radiação solar, a temperatura, a luz, a umidade, os ventos), químicos (como os nutrientes presentes nas águas e nos solos) ou geológicos (como o solo);
- componentes **bióticos**: são os seres vivos. Em um ecossistema podem-se reconhecer dois tipos de componentes bióticos:
 - organismos autótrofos (*auto* = próprio; *trofos* = = alimento): sintetizam seu próprio alimento a partir de substâncias inorgânicas, como o gás carbônico e a água, e uma fonte de energia, por exemplo, a energia luminosa;
 - organismos heterótrofos (*hetero* = diferente; *trofos* = alimento): não são capazes de sintetizar seu próprio alimento como fazem os autótrofos; os he-

terótrofos dependem direta ou indiretamente da matéria orgânica sintetizada pelos autótrofos para obter a matéria-prima para seu crescimento, reprodução e reparação de perdas, além da energia necessária para a manutenção de seus processos vitais.

Os organismos autótrofos são chamados **produtores**. Entre eles, os mais importantes em termos ecológicos são os que realizam a fotossíntese. Por esse processo, moléculas de gás carbônico e de água participam de reações químicas, que dependem direta ou indiretamente da energia luminosa captada pelo pigmento verde clorofila, dando origem a moléculas orgânicas, como é o caso de açúcares.

Na fotossíntese, portanto, a energia luminosa é transformada em energia química, que fica armazenada nas moléculas orgânicas. Praticamente todo o oxigênio presente na atmosfera ou dissolvido na água provém da fotossíntese.

Os organismos heterótrofos podem ser:

- **consumidores:** alimentam-se de outros organismos ou restos de organismos (detritos). Todos os animais são consumidores. Os animais que se alimentam de produtores são chamados consumidores primários. Os **herbívoros**, animais que se alimentam de plantas, são consumidores primários. Os animais que se alimentam de herbívoros são chamados consumidores secundários. Os animais que se alimentam de consumidores secundários são chamados consumidores terciários, e assim por diante. Com exceção dos consumidores primários, que são herbívoros, os demais consumidores de matéria viva são **carnívoros** (alimentam-se de outros animais) ou **onívoros** (alimentam-se de plantas ou animais). Consumidores de detritos são chamados **detritívoros**. Em um ecossistema, no entanto, nem sempre ocorrem todas essas categorias de consumidores;

- **decompositores:** organismos heterótrofos que degradam a matéria orgânica contida em produtores ou em consumidores mortos. Eles utilizam alguns produtos da decomposição como alimento e liberam para o meio minerais e outras substâncias (processo chamado remineralização) que podem ser novamente utilizadas pelos produtores. Os decompositores estão representados por certas bactérias e fungos.

Os limites de um ecossistema nem sempre são fáceis de se estabelecer. A biosfera toda pode ser considerada um grande ecossistema. Partes da biosfera, tais como oceanos, florestas e lagos, também são ecossistemas. Eles podem ser encontrados até mesmo em espaços muito pequenos, como poças d'água, onde vivem diversas espécies. Independentemente das dimensões, pode-se considerar como um ecossistema qualquer unidade funcional da biosfera em que se verificam **fluxo de energia** e **ciclo de matéria**. Vamos ver o que isso significa.



Despertando ideias

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

REGISTRE
NO CADERNO



Ciclo de matéria e fluxo de energia em um ecossistema

Objetivo

Vamos fazer uma analogia, usando um modelo, para compreender o significado de ciclo de matéria e de fluxo de energia.

Procedimento

1. Pegue uma folha de cartolina e recorte um círculo de cerca de 20 cm de diâmetro. Depois, recorte uma série de aletas em volta do círculo e dobre uma das margens de algumas delas, como mostra a **figura 4.3**.
2. Faça um furo no centro e passe uma vareta através dele. Você construiu uma roda d'água.
3. Abra uma torneira e posicione-a de modo que a água caia nas dobras das aletas, como mostra a **figura 4.4**.

Ilustrações: Alberto De Stefano



< **Figura 4.3.** Representação da montagem do círculo de cartolina com aletas.



< **Figura 4.4.** Esquema representando como a cartolina deve ser colocada sob a água da torneira.

Questões

1. Qual é a diferença entre fluxo e ciclo?
2. Nessa montagem, o que seria equivalente ao fluxo de energia e ao ciclo da matéria?
3. O que você diria sobre a relação entre fluxo de energia e ciclo da matéria?

3. Cadeia e teia alimentar

O alimento produzido pelos autótrofos é utilizado por eles e pelos organismos heterótrofos.

Como já vimos, o processo mais importante de produção de matéria orgânica a partir da inorgânica é a fotossíntese, no qual a energia luminosa captada pelo autótrofo é transformada em energia química, que fica armazenada nas moléculas orgânicas.

O processo mais importante de liberação da energia contida nos alimentos orgânicos é a **respiração aeróbica**. Por meio dela, a molécula orgânica, em presença de oxigênio, é totalmente degradada em gás carbônico (CO_2) e água (H_2O).

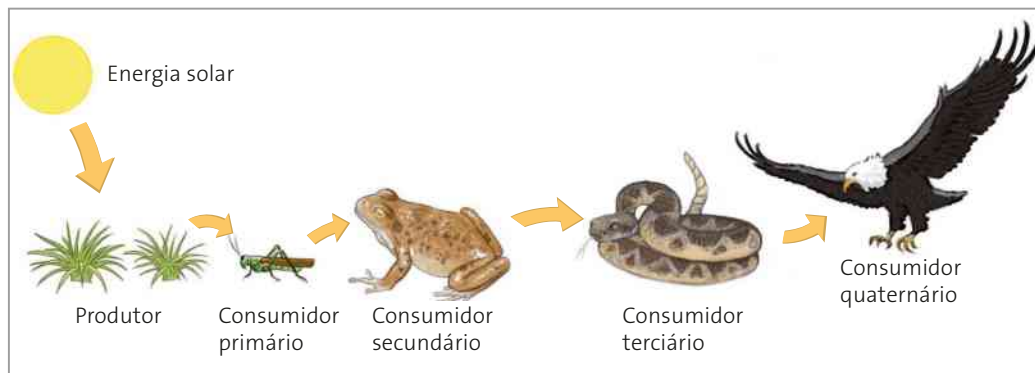
Um indivíduo autótrofo degrada, por respiração, a matéria orgânica produzida por ele mesmo. Um indivíduo heterótrofo degrada a matéria orgânica produzida direta ou indiretamente por um autótrofo. É direta quando o heterótrofo se alimenta diretamente do autótrofo, como ocorre com os herbívoros, e indireta quando o heterótrofo se alimenta de outro heterótrofo, como ocorre com os carnívoros.

Nos ecossistemas, a energia química contida na matéria orgânica que faz parte do corpo do produtor

pode ser transferida para os demais seres vivos ao longo de uma cadeia, em que um ser vivo serve de alimento para o outro.

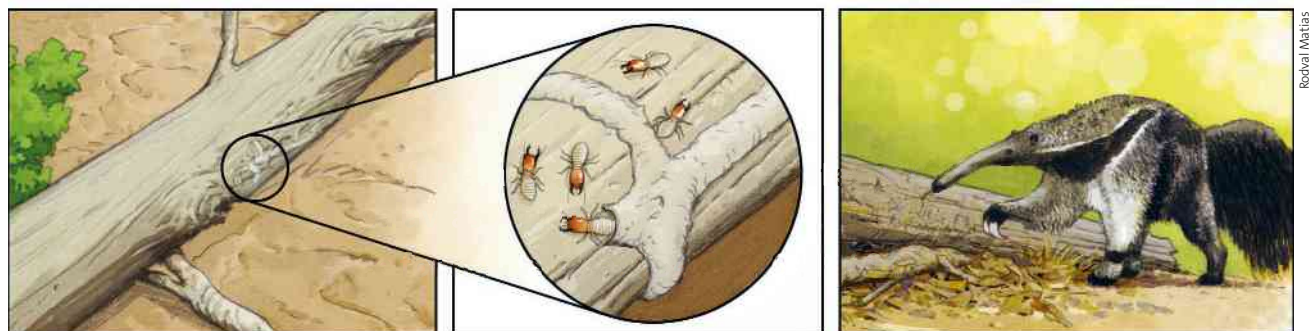
Essa sequência de organismos, em que um serve de alimento para o outro, é chamada **cadeia alimentar**. Em todas as cadeias alimentares, a matéria sofre transformações e é reciclada. A quantidade de energia, por sua vez, vai diminuindo à medida que passa dos produtores para os consumidores, e de um consumidor para outro, pois uma parte dela é utilizada para a realização dos processos vitais do organismo e outra é liberada sob a forma de calor, restando apenas uma parcela menor de energia disponível para o nível seguinte. Assim, a transferência de energia é **unidirecional**. A matéria, no entanto, pode ser reciclada, falando-se em **ciclo da matéria**.

As cadeias alimentares podem ser de dois tipos: de pasteio ou de detritos. A cadeia de pasteio inicia-se com um produtor, que pode ser um fotossintetizante, que é o mais comum (Fig. 4.5), ou quimiossintetizante, que ocorre em certas condições especiais, como as fontes termais submarinas.



< **Figura 4.5.** Esquema simplificado representando uma cadeia alimentar de pasteio. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A cadeia de detritos (Fig. 4.6) inicia-se com a matéria orgânica finamente particulada, que é o detrito resultante da decomposição de organismos mortos. Os equivalentes a consumidores primários em uma cadeia de detritos podem ser bactérias, fungos ou animais.



^ **Figura 4.6.** Esta cadeia de detritos tem os cupins como consumidores primários e o tamanduá como secundário. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Em um ecossistema, entretanto, as relações alimentares entre os organismos que o compõem não são tão simples. Existem várias cadeias alimentares que se interligam, formando uma complexa rede de transferência de matéria e de energia, que chamamos **teia alimentar** (Fig. 4.7).

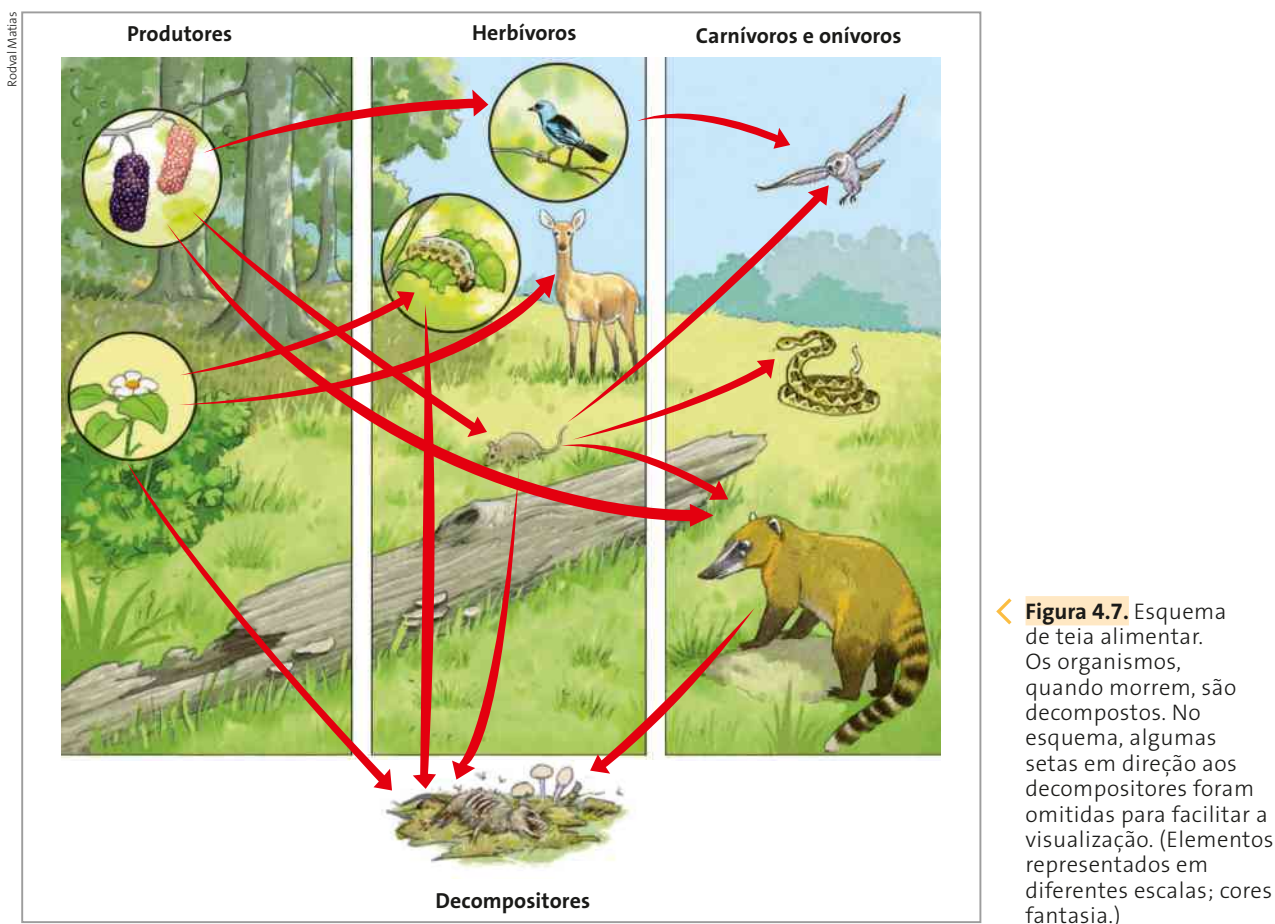


Figura 4.7. Esquema de teia alimentar. Os organismos, quando morrem, são decompostos. No esquema, algumas setas em direção aos decompositores foram omitidas para facilitar a visualização. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

4. Os níveis tróficos

De maneira geral, em cada ecossistema existem várias espécies de organismos produtores, várias de consumidores e várias de decompositores. O conjunto de todos os organismos de um ecossistema com o mesmo tipo de nutrição constitui um **nível trófico** ou **alimentar**.

Os organismos autótrofos de um ecossistema formam, por definição, o primeiro nível trófico, que é o dos produtores. Os consumidores primários formam o segundo nível trófico; os consumidores secundários formam o terceiro nível trófico; os consumidores terciários formam o quarto nível trófico e assim por diante (Fig. 4.8).

Além dos organismos que fazem parte apenas de um determinado nível trófico, existem outros com hábitos alimentares menos especializados, que podem ocupar mais de um nível trófico. É o caso dos animais **onívoros** (*omnis* = tudo), como o ser humano, por exemplo.

Os decompositores ocupam o último nível de transferência de energia entre organismos de um

ecossistema. Formam um grupo especial, nutrindo-se de elementos mortos provenientes de diferentes níveis tróficos, remineralizando tanto produtores como consumidores.

Níveis tróficos		Posição na cadeia alimentar	
Autótrofos — Produtores		1º	
Heterótrofos	Consumidores	primários	2º
		secundários	3º
		terciários	4º
		quaternários	5º
	Decompositores	*	

* A ação dos decompositores se dá sobre organismos mortos de todos os níveis tróficos.

Figura 4.8. Tabela relacionando os níveis tróficos com a posição na cadeia alimentar.

Nos ecossistemas, o número de níveis tróficos é limitado em função da disponibilidade de energia. Isso porque, ao ocorrer a passagem de um nível trófico para outro, parte da energia de um nível trófico é liberada para o meio sob a forma de calor e não é aproveitada pelo nível trófico seguinte. Dessa maneira, quanto mais distante estiver um nível trófico do nível do produtor, menor será a energia química disponível no conjunto de seus integrantes. Nos ecossistemas mais complexos, o número de níveis tróficos é maior que em ecossistemas mais simples.

Apesar de o número de níveis tróficos variar de ecossistema para ecossistema dependendo de sua complexidade, os níveis tróficos são sempre os mesmos. Assim, ao se comparar dois ecossistemas diferentes, como um campo e os oceanos, verifica-se que, apesar de serem habitados por espécies diferentes, é possível identificar em cada um deles níveis tróficos equivalentes.

Nos dois ecossistemas, os decompositores estão representados por bactérias e fungos, que podem ser de espécies diferentes em cada ambiente (Fig. 4.9).

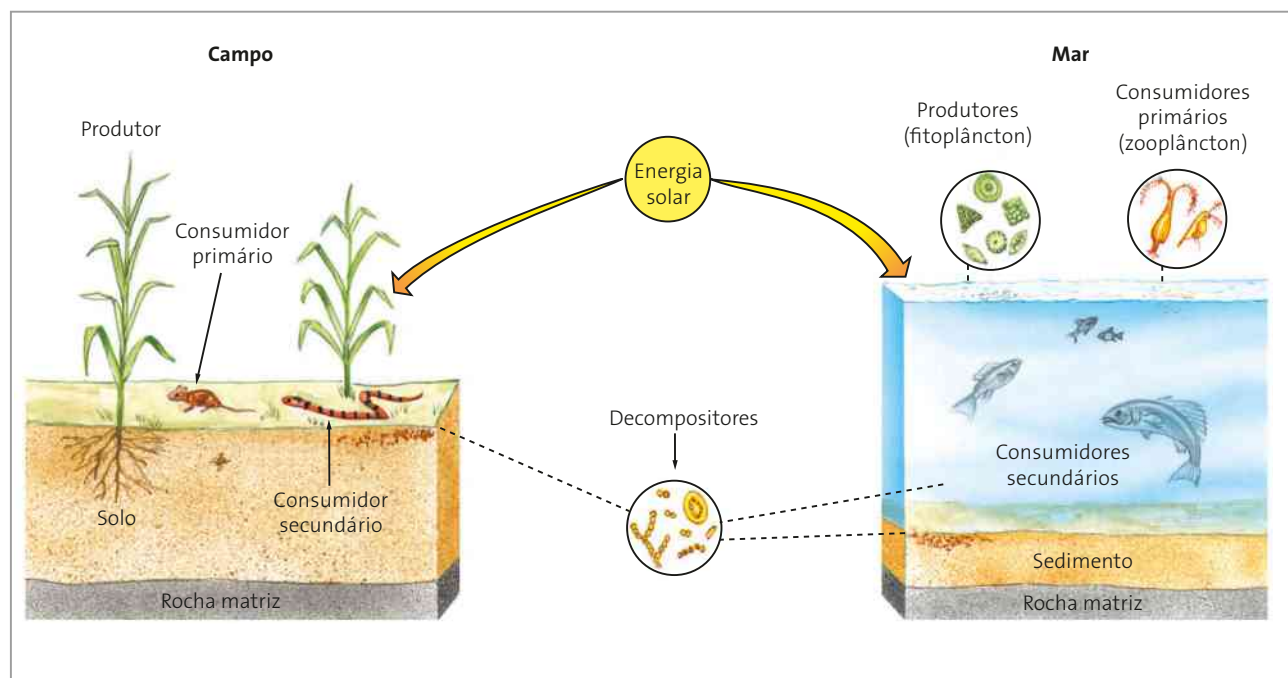


Figura 4.9. Esquema comparativo entre a estrutura geral de um ecossistema terrestre (campo) e de um ecossistema aquático (mar). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

5. Pirâmides ecológicas

As relações entre os diferentes níveis tróficos de cada ecossistema são representadas por gráficos que lembram pirâmides. Essa forma se deve ao fato de haver redução da quantidade de matéria e energia de um nível trófico para o seguinte.

As pirâmides ecológicas podem ser de números, de biomassa ou de energia. Nessas pirâmides, cada nível trófico é representado por um retângulo ou, então, por um paralelepípedo, cuja dimensão horizontal é proporcional ao número de indivíduos na pirâmide de números, à biomassa na pirâmide de biomassa e à produtividade na pirâmide de energia. A dimensão vertical (altura) dessas figuras geométricas é sempre a mesma para os diversos níveis tróficos.

5.1. Pirâmide de números

Indica o número de indivíduos em cada nível trófico. Em um campo, por exemplo, há 5 000 plantas das quais dependem 300 gafanhotos, que garantem a alimentação de apenas uma ave.

Dependendo do ecossistema, a pirâmide de números pode ter o ápice para cima (pirâmide direta) ou para baixo (pirâmide invertida). No exemplo dado, a pirâmide tem o ápice para cima: é necessário grande número de produtores para alimentar uns poucos herbívoros, que, por sua vez, servirão de alimento para um número menor ainda de carnívoros.

A pirâmide de números pode ser totalmente invertida quando são consideradas certas redes alimentares, como as que envolvem parasitas, pois um único hospedeiro pode abrigar muitos deles.

Em outros casos, a figura formada não se parece perfeitamente com uma pirâmide, como no seguinte exemplo: em uma floresta, uma única árvore pode sustentar um grande número de herbívoros, que servem de alimento para um pequeno número de carnívoros. Compare, na [figura 4.10](#), esse caso com a pirâmide direta.

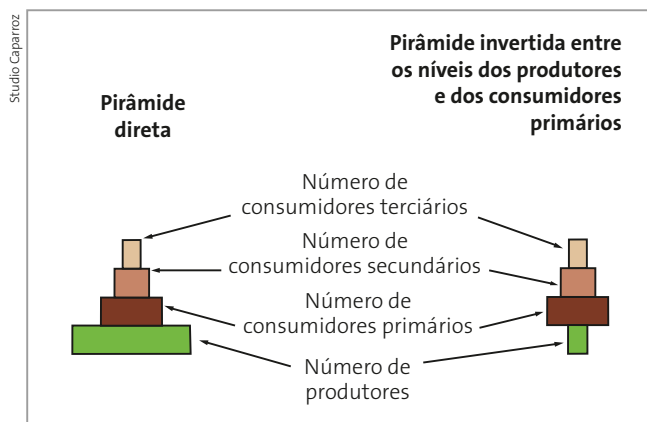


Figura 4.10. Pirâmides de número direta e invertida.

A pirâmide de números não é muito utilizada por ecologistas, pois não representa adequadamente a quantidade de matéria orgânica existente nos diversos níveis tróficos. Ela considera o número de indivíduos, ignorando o seu tamanho.

As pirâmides mais utilizadas são as de biomassa e de energia.

5.2. Pirâmide de biomassa

A biomassa (ou massa orgânica) representa a quantidade de matéria orgânica, por área ou por volume, em unidades ecológicas, como os ecossistemas, níveis tróficos, populações ou mesmo indivíduos.

A quantidade de matéria orgânica pode ser estimada de diferentes formas, mas vamos considerar como exemplo **massa seca** (material colocado em estufa a cerca de 100 °C para perder água).

Supondo um campo rico em gramíneas, pode-se determinar a biomassa desses produtores do seguinte modo: delimita-se uma área, colhe-se toda a vegetação contida nela e coloca-se o material em estufa para determinação da massa seca. Essa massa, dividida pela área da amostra (por exemplo, em m²), resulta em uma estimativa da quantidade de matéria orgânica seca por unidade de área (gramas/m² ou kg/m²). Se for conhecida a área total do campo, pode-se estimar sua biomassa total.

A forma da pirâmide de biomassa também pode variar, dependendo do ecossistema. De modo geral, a biomassa dos produtores é maior que a dos herbívoros, que é maior que a dos carnívoros ([Fig. 4.11](#)). Nesses casos, a pirâmide apresenta o ápice voltado para cima. Isso ocorre nos ecossistemas terrestres, onde, em geral, os produtores têm grande porte e ciclos de vida longos.

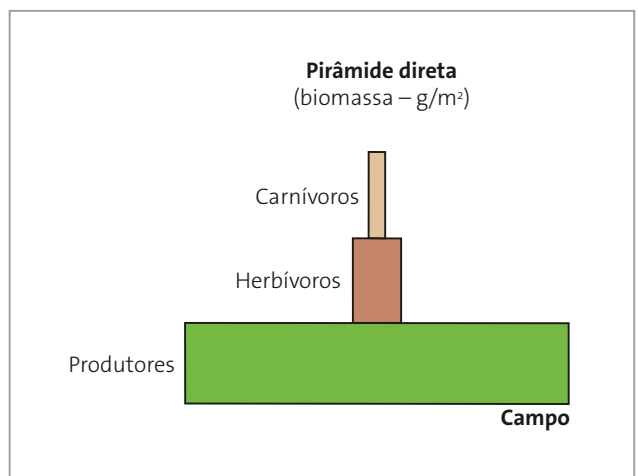


Figura 4.11. Pirâmide de biomassa.

A pirâmide de biomassa pode apresentar-se invertida, como ocorre eventualmente nos oceanos e nos lagos ([Fig. 4.12](#)). Nesses casos, os produtores são representados por algas microscópicas com ciclo de vida curto e de aproveitamento rápido pelo zooplâncton. A pirâmide é, então, invertida entre esses níveis tróficos. Uma pirâmide com essa forma pode dar a falsa impressão de que uma biomassa pequena suporta uma biomassa grande de consumidores primários. Deve-se lembrar, entretanto, que a medida de biomassa é feita para um determinado instante e que em razão da alta taxa de reprodução do fitoplâncton em relação à do zooplâncton, e devido ao rápido aproveitamento do fitoplâncton pelo zooplâncton, obtém-se uma biomassa de produtores menor que a de consumidores de primeira ordem. [Professor\(a\), veja mais informações sobre este item nas Orientações didáticas.](#)

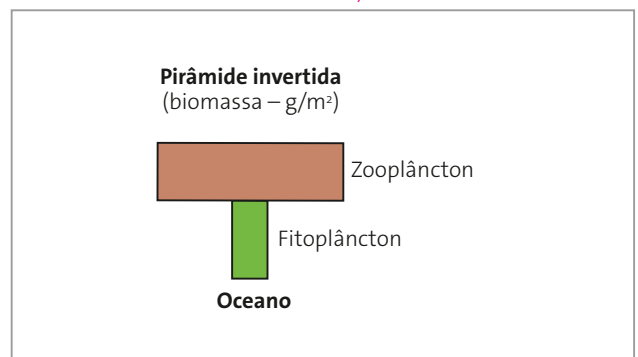


Figura 4.12. Pirâmide invertida de biomassa.

Apesar de a pirâmide de biomassa expressar melhor a distribuição de matéria em um ecossistema que a pirâmide de números, ela apresenta dois inconvenientes básicos:

- atribui a mesma importância a diferentes tipos de tecidos dos vegetais e dos animais. Como há tecidos com composição química diferente, cada um deles tem diferentes valores energéticos. Por exemplo: tecidos ricos em carboidratos têm maior conteúdo energético que tecidos ricos em proteínas;
- não leva em consideração o fator tempo. A biomassa é uma medida obtida para um dado instante, não levando em consideração o tempo que um organismo leva para acumular aquela matéria orgânica. O fitoplâncton, por exemplo, acumula em alguns dias e uma árvore demora vários anos.

Assim, se as pirâmides de biomassa invertidas fossem construídas levando-se em consideração esses fatores, elas apresentariam o ápice voltado para cima. Por isso, uma das melhores maneiras de expressar graficamente a transferência de matéria e de energia é a pirâmide de energia.

5.3. Pirâmide de energia

Essa pirâmide é construída levando-se em consideração a biomassa acumulada por unidade de área ou volume, por unidade de tempo, em cada nível trófico (Fig. 4.13).

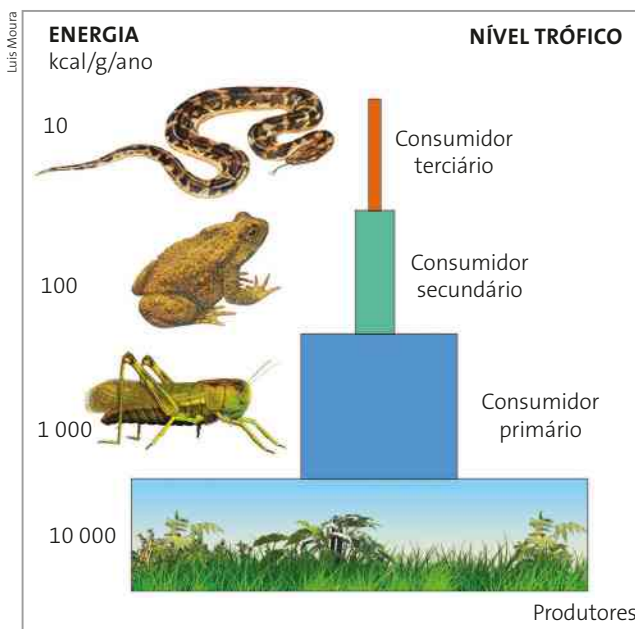


Figura 4.13. Exemplo de pirâmide de energia. Esse tipo de pirâmide nunca é invertido, qualquer que seja o ecossistema analisado. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Podemos afirmar que essa pirâmide representa o fluxo de energia, ou seja, a quantidade de energia que passa ao longo dos níveis tróficos. Essa energia pode entrar no primeiro nível trófico na forma de luz (no caso dos produtores fotossintetizantes) e nos demais na forma de energia química presente nos alimentos. Ao longo dos níveis tróficos, parte da energia é dissipada para o meio abiótico na forma de calor.

A pirâmide de energia nunca é invertida, pois mostra uma consequência natural das leis da termodinâmica, que são universais. A primeira lei afirma que a energia pode ser transformada (energia luminosa em energia química, por exemplo), porém jamais é criada ou destruída. A segunda lei afirma que em todo processo de transformação de energia há sempre liberação de energia calorífica, não aproveitável. Assim, o fluxo unidirecional de energia é um fenômeno universal.

No caso dos ecossistemas, há sempre perda de energia calorífica ao se passar de um nível trófico para outro. Por isso, as pirâmides de energia nunca são invertidas.

O primeiro nível da pirâmide de energia corresponde à quantidade de matéria orgânica produzida pelos autótrofos de um ecossistema em determinado tempo. Isso é o que se chama de **produtividade primária bruta (PPB)**. Parte da PPB é usada na respiração e, portanto, gasta pelo próprio autótrofo na sua manutenção. A matéria orgânica não utilizada na respiração é incorporada aos tecidos dos autótrofos, estando disponível para os níveis tróficos seguintes. Essa matéria orgânica acumulada em corpos vegetais em um período de tempo corresponde à **produtividade primária líquida (PPL = PPB – Respiração)**.

A produtividade primária bruta ou a líquida podem ser expressas em gramas/m²/ano, em kg/m²/ano, em kcal/m²/ano ou ainda em J/m²/ano. O joule (J) é uma medida de energia. Essa última é a unidade mais utilizada por ecologistas.

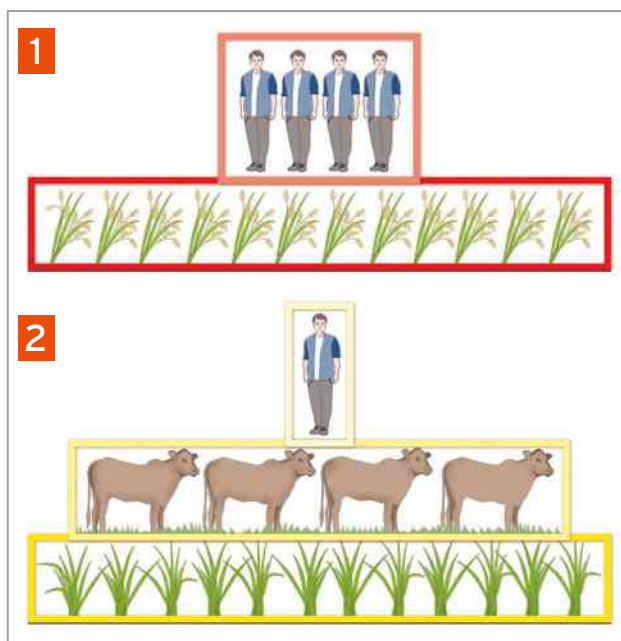
A PPL representa, portanto, a energia disponível para o segundo nível trófico (herbívoros) na forma de matéria orgânica por unidade de tempo.

Os herbívoros não consomem toda a biomassa de produtores. Além disso, parte do que eles ingerem não é aproveitada, pois é eliminada sob a forma de fezes. Do alimento digerido e assimilado, parte é excretada através da urina, parte é utilizada na respiração e parte é incorporada aos tecidos do organismo. A matéria incorporada é a que está disponível para o nível trófico seguinte: o dos consumidores secundários. Nesse nível trófico, ocorre processo semelhante ao que foi descrito para os consumidores primários.

A quantidade de matéria orgânica acumulada pelos heterótrofos de um ecossistema em uma determinada área, em um determinado intervalo de tempo, é denominada **produtividade secundária líquida (PSL)**.

Por causa dessa redução da energia disponível em cada nível trófico, quanto mais curta for a cadeia, maior será a quantidade de energia disponível para os níveis tróficos mais elevados (Fig. 4.14). Por exemplo: uma plantação de arroz que cobre uma área de 40 km² é suficiente para alimentar 24 pessoas durante um ano. Se essa mesma área fosse usada para a criação de gado, a carne produzida seria suficiente para alimentar apenas uma pessoa durante um ano.

Figura 4.14. Esquema ilustrativo de duas pirâmides (1 e 2) de energia. Devido à redução de energia ao longo dos níveis tróficos, quanto mais curta for a cadeia, mais energia estará disponível para os níveis mais elevados. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Professor(a), se possível, desenvolva com os estudantes a sugestão de atividade extra descrita nas Orientações didáticas. Com ela será possível estabelecer uma analogia ao modo como se dá o fluxo energético ao longo dos diferentes níveis tróficos da cadeia alimentar.

6. Modelo do fluxo energético

Apesar de as pirâmides de energia representarem de modo satisfatório o fluxo de energia nos ecossistemas, elas têm três inconvenientes básicos, que também são comuns às outras pirâmides ecológicas. Elas não representam:

- os decompositores, que são uma parcela importante dos ecossistemas;
- a matéria orgânica armazenada, que é a matéria não utilizada e não decomposta;
- a importação de matéria orgânica de outros ecossistemas e sua exportação para eles, uma vez que os ecossistemas são sistemas abertos, realizando intercâmbio com outros ecossistemas.

Uma alternativa em que é possível representar tanto a produção de um ecossistema como a importância dos decompositores da matéria orgânica armazenada e da matéria orgânica importada ou exportada é o **modelo do fluxo energético** (Fig. 4.15).

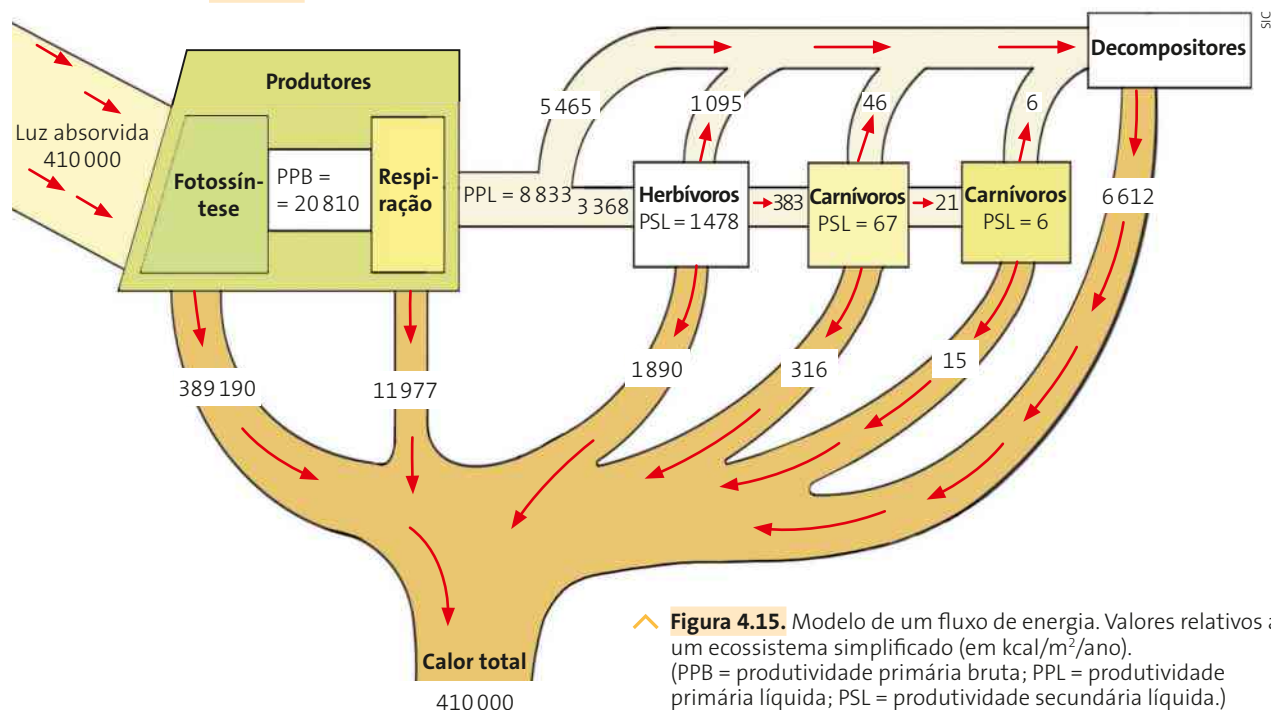


Figura 4.15. Modelo de um fluxo de energia. Valores relativos a um ecossistema simplificado (em kcal/m²/ano). (PPB = produtividade primária bruta; PPL = produtividade primária líquida; PSL = produtividade secundária líquida.)

7. Os ciclos biogeoquímicos

Ao contrário da energia, que flui unidirecionalmente, a matéria é reciclada dentro ou entre ecossistemas, por ciclos chamados biogeoquímicos. Como o próprio termo especifica, os ciclos da matéria envolvem processos biológicos, geológicos e químicos.

Os processos biológicos são os que se referem a toda e qualquer atividade realizada por um ser vivo, como nutrição, trocas gasosas, digestão do alimento e eliminação de resíduos no meio.

Os processos geológicos são os que promovem modificações da crosta terrestre, seja em sua forma, estrutura ou composição. É o caso do intemperismo, processo de desagregação e modificação de rochas por ação das águas superficiais e subterrâneas, do vento, da chuva, do gelo e dos organismos.

Os processos químicos são os que promovem a alteração na composição da matéria, como a queima de um tronco de árvore, a transformação de suco de uva em vinho e do leite em iogurte.

Além desses, também participam do ciclo da matéria os processos físicos, que são os que modificam a matéria sem alterar sua composição química. São exemplos de processos físicos a passagem do gelo para água líquida, ou desta para vapor.

À medida que a matéria se move no ciclo, ela é transformada. Nos próximos capítulos, veremos que as atividades humanas podem interferir nos ciclos biogeoquímicos.

Vamos analisar aqui os ciclos dos principais elementos químicos que entram na composição da ma-

téria orgânica: carbono, hidrogênio, oxigênio, fósforo e nitrogênio. As trocas de hidrogênio entre seres vivos e ambiente serão estudadas no ciclo da água.

7.1. Ciclo da água

O ciclo da água na natureza está representado de modo simplificado na **figura 4.16**.

A água está em constante mudança de estado físico e há permanente troca dessa substância entre rios, lagos, mares, solos, atmosfera e seres vivos.

A água presente sob a forma líquida na superfície da Terra sofre **evaporação** e passa para a atmosfera. Com o resfriamento nas camadas mais altas da atmosfera, os vapores de água condensam-se, formam nuvens e depois voltam aos continentes e mares sob a forma de chuva, neve ou granizo. Nos continentes, parte dessa água vai para rios e lagos ou penetra pelas camadas permeáveis do solo e se acumula em reservatórios subterrâneos.

Os seres vivos absorvem ou ingerem água, pois ela é fundamental para a sobrevivência deles. Parte da água presente no corpo dos seres vivos retorna ao ambiente pela respiração, pela excreção e principalmente pela **transpiração**.

A água participa de vários processos dentro do corpo dos seres vivos. Participa, por exemplo, da fotossíntese, e os átomos de hidrogênio são incorporados à matéria orgânica, que fica disponível para os produtores e, por meio da cadeia alimentar, para os consumidores e decompositores.

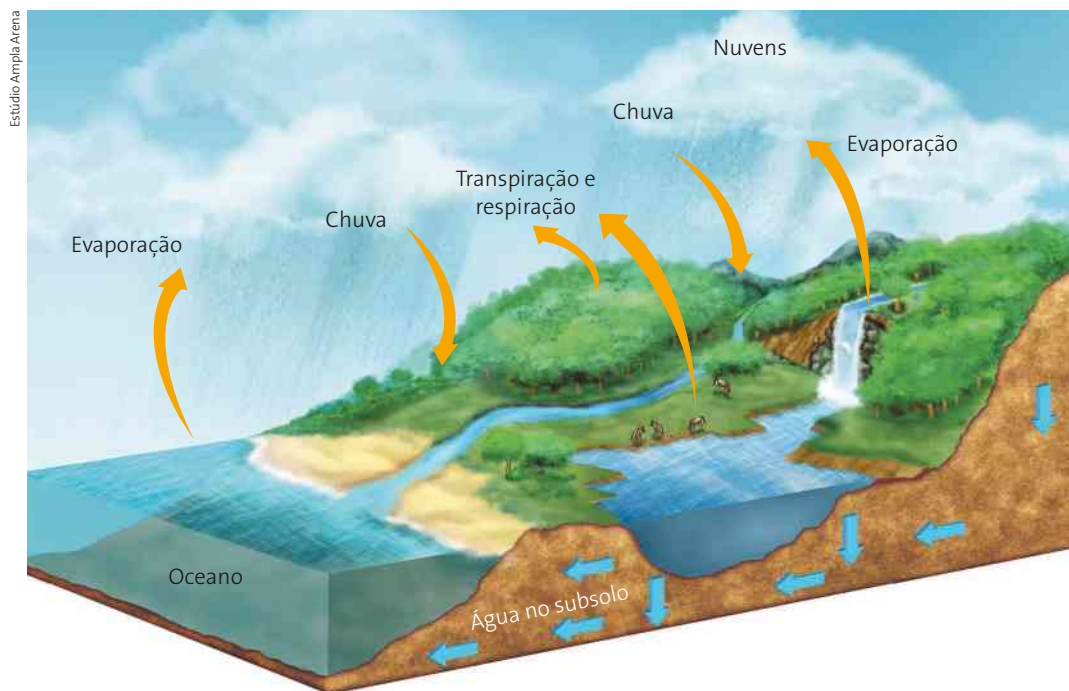


Figura 4.16. Esquema simplificado do ciclo da água. Assim como a evaporação ocorre tanto no mar como em terra e na água doce, a chuva também ocorre em todos esses ambientes. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia).

7.2. Ciclo do carbono

O ciclo do carbono inicia-se com a fixação desse elemento pelos seres autótrofos, principalmente por meio da fotossíntese. Nesse processo, o carbono das moléculas de CO_2 do meio é usado para a síntese de moléculas orgânicas que ficam disponíveis para os produtores

e, ao longo da cadeia alimentar, para os consumidores e decompositores. O CO_2 retorna para o ambiente pela respiração celular e pelos diferentes processos de degradação da matéria orgânica. Além disso, retorna também pela queima de combustíveis fósseis e pelas queimadas das plantas. O ciclo do carbono está representado de forma reduzida na figura 4.17.

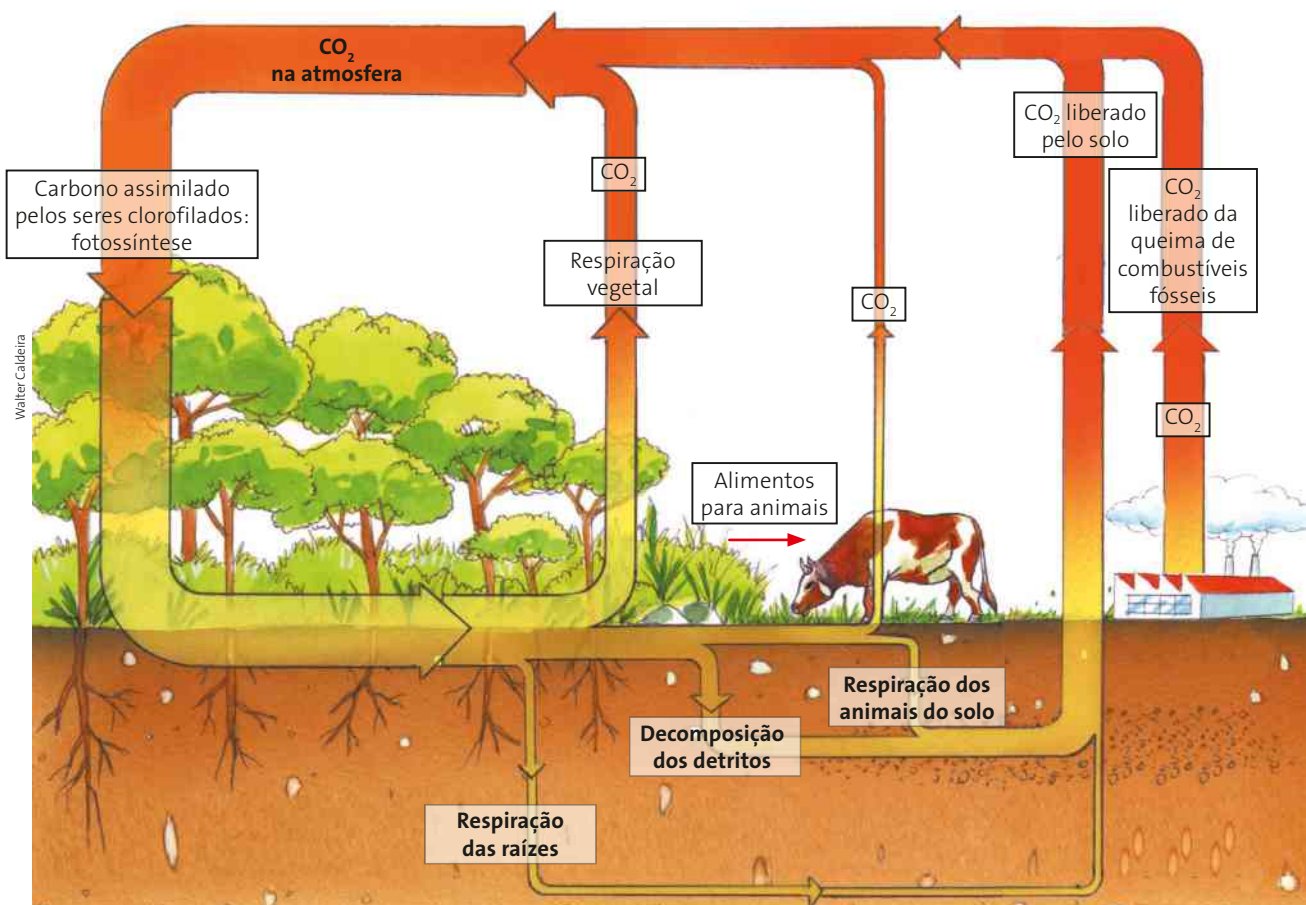


Figura 4.17. Esquema simplificado do ciclo do carbono. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Colocando em foco

O CICLO DO CARBONO E AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Quando falamos em ciclo do carbono, devemos entender que há o ciclo recente, em que o carbono é fixado por fotossíntese e liberado pela respiração dos seres atuais, e há o ciclo mais longo, que envolve o uso de reservas de carbono de períodos geológicos passados, armazenado nos combustíveis fósseis. Com a queima desses combustíveis, vem sendo introduzida na atmosfera quantidade maior de carbono, que não faz parte naturalmente do ciclo recente.

O aumento do teor de CO_2 na atmosfera atual relaciona-se não apenas com a queima de combustíveis fósseis, mas também com o desmatamento, com as queimadas e com a poluição das águas. Quando árvores são derrubadas, a fixação do CO_2 pela fotossíntese dessas plantas deixa de ocorrer. A poluição das águas pode reduzir ou eliminar populações de seres fotossintetizantes, o que também reduz a absorção de CO_2 do ambiente. O fogo das queimadas (Fig. 4.18) libera o carbono da matéria orgânica muito mais rapidamente do que nos processos biológicos e em uma quantidade maior do

que é possível ser aproveitado pela fotossíntese das plantas remanescentes em curto prazo.

Em função desses fatores principais, está havendo elevação do teor de CO_2 na atmosfera, favorecendo o aumento de temperatura ambiente por efeito estufa, que vem preocupando em função das alterações ambientais que já estão ocorrendo. Assim, entender os processos dinâmicos dos ecossistemas é fundamental nas medidas de controle visando à preservação da vida.

Figura 4.18. Fotografia em vista aérea de queimada na Chapada Diamantina, em Lençóis (BA), ocorrida em novembro de 2015. >



Joel Silva/Folhapress

7.3. Ciclo do oxigênio

O átomo do elemento químico oxigênio não participa apenas da composição da água e do gás carbônico, mas também de numerosos compostos orgânicos e inorgânicos. Na atmosfera e na hidrosfera ele é encontrado também sob a forma de substância pura simples, chamada gás oxigênio, de fórmula O_2 . Esse gás é liberado pelos organismos fotossintetizantes e participa da respiração de plantas, animais e outros organismos aeróbios. Desse processo resulta a produção de gás carbônico.

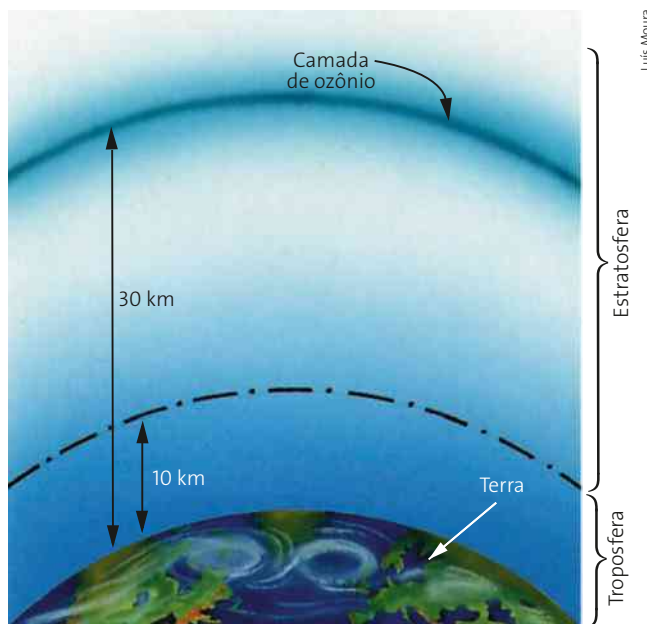
A manutenção das taxas de gás oxigênio e de gás carbônico no ambiente depende desses dois processos: fotossíntese e respiração. A fotossíntese é realizada pelos seres clorofilados na dependência da luz; a respiração é um processo realizado continuamente pelos seres aeróbios.

É interessante notar que o gás oxigênio é uma substância que não somente garante a vida na Terra como a conhecemos, mas também se origina da atividade de seres vivos. Praticamente todo o gás oxigênio livre da atmosfera (cerca de 21% da composição de gases da atmosfera corresponde ao O_2) e da hidrosfera tem origem biológica, no processo de fotossíntese. Por esse processo a água é decomposta, sendo o oxigênio liberado e o hidrogênio utilizado na síntese de matéria orgânica.

O O_2 produzido pode participar também da formação da camada de ozônio (O_3) da atmosfera, que se encontra cerca de 30 km de altitude acima do nível do mar (Fig. 4.19). Nessa altitude, uma das formas de radiação emitida pelo Sol, a ultravioleta curta, provoca a quebra da molécula de O_2 . Cada átomo liberado pode reagir com outra molécula íntegra de O_2 em presença de um agente catalisador, formando O_3 .

A presença de ozônio na alta atmosfera é extremamente importante para a vida, pois exerce papel de filtro de outro tipo de radiação emitida pelo Sol: a ultravioleta longa, capaz de aumentar a taxa de mutação dos genes e uma das principais responsáveis pelo câncer de pele.

Apesar de importante em altitudes elevadas da atmosfera, em baixas altitudes o ozônio é considerado um poluente do ar, sendo uma das causas de problemas respiratórios e irritação nos olhos. Nesses casos, a formação de ozônio é potencializada principalmente pela liberação de gases como óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos pelos escapamentos dos veículos automotores.



Luis Moura

> **Figura 4.19.** Esquema das camadas da atmosfera até cerca de 30 km de altura da superfície da Terra. (Cores fantasia.)



PROTEÇÃO DA CAMADA DE OZÔNIO

A camada de ozônio (O_3) funciona como uma proteção natural contra a radiação dos raios ultravioleta emitidos pelo Sol. Sem esse filtro formado ao longo de milhares de anos, teria sido impossível o desenvolvimento das incontáveis e variadas formas de vida encontradas no planeta.

Apesar da sua relevância, a camada de ozônio começou a sofrer os efeitos da poluição crescente com a industrialização mundial. Durante a década de 1990, cientistas verificaram que ela estava sendo destruída pela ação de substâncias destruidoras de ozônio (SDOs), principalmente gases conhecidos como clorofluorcarbono (CFC). Esses gases foram largamente usados até o fim da década de 1980 e meados dos anos 1990, na composição de espuma plástica, aerossóis e na indústria de eletrônicos. Alterações nessa camada são mais evidentes em certas regiões do que em outras. Na Antártida a camada de ozônio é bem fina (Fig. 4.20).

As reduções no uso de CFCs começaram a partir de 1987 com a assinatura do Protocolo de Montreal, um acordo ambiental em que 197 países se comprometeram a assumir metas para a proteção da camada de ozônio.

No ano de 1989, o Brasil aderiu ao Protocolo de Montreal e, a partir de então, passou a tomar diversas medidas para reduzir o uso e a produção de CFC. Veja algumas das ações adotadas:

- **Componentes eletrônicos**

A limpeza de componentes eletrônicos deixou de ser feita com produtos à base de SDOs.

- **Plantas ornamentais**

As plantas passaram a ser cultivadas sem a SDO brometo de metila, reduzindo os riscos às pessoas e ao meio ambiente.

- **Medicamentos**

Produtos que utilizavam CFC como propelentes deixaram de ser produzidos.

- **Ar-condicionados**

Os fluidos refrigerantes utilizados atualmente possuem menor potencial de destruição do ozônio.

- **Estofados**

As espumas com SDOs vêm sendo substituídas por outras que não agredem a camada de ozônio.

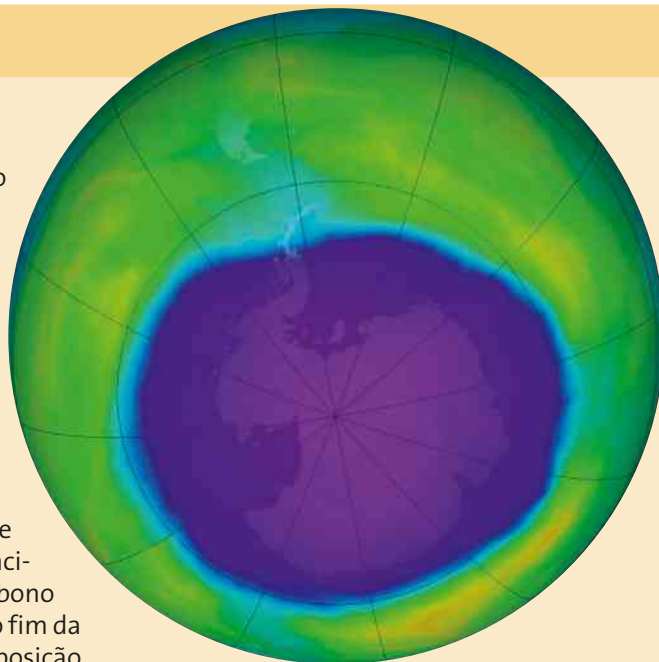
- **Geladeiras**

A adoção de novas tecnologias tem proporcionado a eliminação das SDOs do circuito de refrigeração e da espuma de isolante térmico.

- **Aerossóis**

O CFC deixou de ser utilizado como agente propelente em aerossóis.

O resultado de todas essas mudanças foi que em 2010 o Brasil eliminou totalmente a sua produção e consumo de CFC, ganhando posição de destaque entre os países do Protocolo de Montreal. Desde 2011, o país esforça-se para reduzir também a produção e o consumo de hidroclorofluorcarboneto (HCFC), outra SDO. A meta é que até 2040 não se produza nem se consuma o HCFC no país.



NASA/Goddard Space Flight Center

Figura 4.20. Imagem de satélite colorida artificialmente que representa a espessura da camada de ozônio no hemisfério Sul da Terra, em setembro e outubro de 2015. As linhas são meridianos convergindo no polo Sul. As menores espessuras da camada de ozônio estão representadas em roxo e correspondem a cerca de 40% da espessura normal. O termo “buraco na camada de ozônio” refere-se a essa parte mais delgada. Esse buraco se forma em função do comportamento das massas de ar na atmosfera, que concentram as SDOs em certas regiões, sendo que a maior delas fica sobre a Antártida, e se acentua nos meses correspondentes à primavera no hemisfério Sul.

Fonte das informações: Ministério do Meio Ambiente. *Ações brasileiras para a proteção da camada de ozônio.*

Brasília: MMA, 2014. Disponível em: <http://protocolodemontreal.org.br/revistas/Acoes_Brasileiras_para_Protecao_da_Camada_de_Ozonio_-_Alta.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

7.4. Ciclo do nitrogênio

O gás nitrogênio (N_2) está presente na atmosfera na proporção aproximada de 79%. Apesar disso, não é utilizado de forma direta pela maior parte dos seres vivos.

O aproveitamento do nitrogênio pela generalidade dos seres vivos depende de sua fixação, que pode ser feita por **radiação** (por exemplo, radiação cósmica e raios, que fornecem energia para que ocorra reação entre o nitrogênio, o oxigênio e o hidrogênio da atmosfera) ou por **biofixação**, sendo esse último processo o mais importante. Por isso, será nele que deteremos nossa atenção (Fig. 4.21).

A biofixação é realizada principalmente por bactérias associadas a raízes de plantas, formando as **bacteriorrizas**, e algumas bactérias e cianobactérias, que podem viver livres no solo. Esses organismos convertem o N_2 atmosférico em íons amônio (NH_4^+). Quando produzidos pelos biofixadores associados às raízes, são transferidos diretamente para a planta, que os utiliza na síntese dos aminoácidos, unidades que formam as proteínas, e dos nucleotídeos, que formam os ácidos nucleicos (DNA e RNA).

Íons amônio produzidos pelos biofixadores de vida livre são transformados em íons nitrito (NO_2^-) e depois em íons nitrato (NO_3^-) pela ação das bactérias **nitrificantes** (ou **nitrobactérias**) dos gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*. Essas bactérias são autótrofas, mas não realizam fotossíntese. Elas executam outro processo autotrófico, chamado quimiosíntese. Nesse processo, a substância orgânica é formada a partir de água e de gás carbônico, devido à energia liberada na reação entre íons amônio ou íons nitrito e o oxigênio.

Tanto os íons amônio quanto os íons nitrato podem ser absorvidos diretamente pelas plantas, e o nitrogênio neles contido é utilizado na síntese de aminoácidos e nucleotídeos.

Os animais obtêm o nitrogênio de que necessitam por meio da alimentação.

O nitrogênio do corpo dos seres vivos retorna ao ambiente pela excreção e pelo processo de decomposição. Esse nitrogênio entra no ciclo como íons amônio. A produção de N_2 atmosférico é feita pelas **bactérias desnitrificantes** a partir do nitrato (NO_3^-).

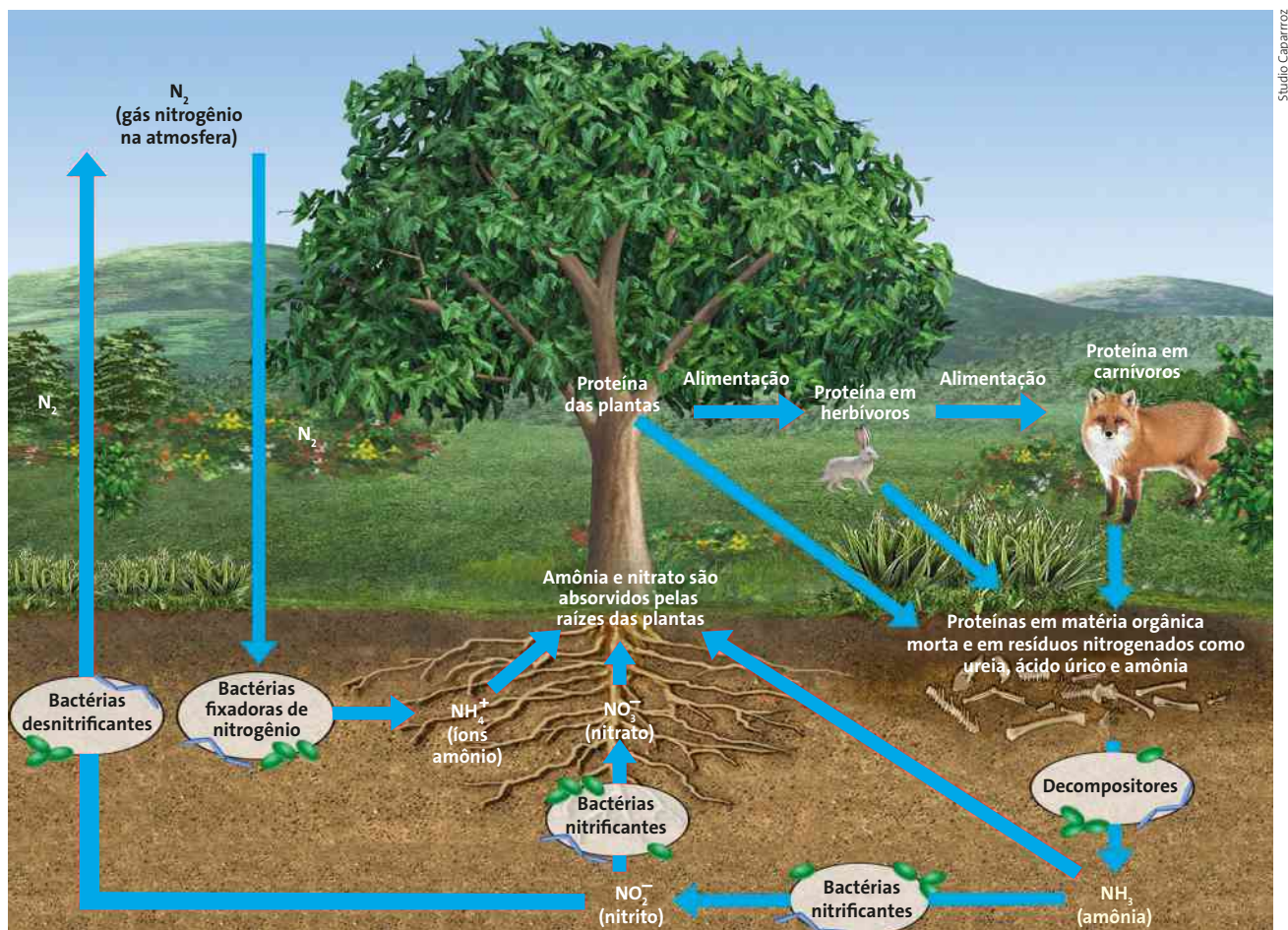


Figura 4.21. Esquema simplificado do processo de biofixação, o qual tem grande importância no ciclo do nitrogênio. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Adubação verde e adubação química

Visando melhorar a produção de suas lavouras, agricultores têm utilizado duas formas básicas de adubação para aumentar no solo a taxa de nitrogênio assimilável pelas plantas: a adubação verde e a química.

Na adubação verde, plantam-se leguminosas, pois elas têm em suas raízes as bactérias fixadoras de nitrogênio. Isso aumenta o teor de nitrogênio no solo, constituindo uma forma natural de adubação. O plantio de leguminosas para esse fim pode ser feito basicamente de duas maneiras:

- em períodos alternados com outras culturas de plantas não leguminosas, como o milho, o que é chamado **rotação de culturas**;
- concomitantemente, realizando plantação de leguminosas juntamente com plantas não leguminosas, o que recebe o nome de **plantação consorciada**.

Na adubação química, adicionam-se ao solo adubos sintéticos que contêm nitrogênio fixado por meios industriais e transformado em nitrato. Nos adubos químicos, além de nitratos, geralmente estão presentes outros produtos, como o fósforo.

Com a adubação verde e especialmente a química, o ser humano está interferindo de modo significativo no ciclo do nitrogênio, aumentando a taxa de aproveitamento desse elemento pelos seres vivos.

Entretanto, o uso de fertilizantes químicos ricos em nitrato precisa ser feito com critério, pois, se aplicados em excesso, esses fertilizantes são transportados pelas chuvas, atingindo rios, mares e o lençol subterrâneo, que alimenta muitos poços construídos para abastecimento de água. Alguns tipos de verdura, quando cultivados em solos com excesso de nitrato, absorvem e concentram essa substância.

A ingestão de água ou de verduras com excesso de nitrato pode causar uma doença chamada **meta-hemoglobinemia**, uma forma grave de anemia, decorrente da união do nitrogênio com a hemoglobina.



Colocando em foco

AS CONTRIBUIÇÕES DE JOHANNA DÖBEREINER

Johanna Döbereiner (1924-2000), uma pesquisadora naturalizada brasileira, revolucionou os estudos sobre bactérias fixadoras de nitrogênio e a produção de soja no país (Fig. 4.22). Isso porque um dos resultados que obteve com seu trabalho foi a viabilidade dessas bactérias como substitutas dos fertilizantes minerais. Leia mais sobre essa pesquisadora no texto a seguir

Johanna Döbereiner foi uma das maiores cientistas brasileiras. Seu ramo era a microbiologia do solo e, principalmente, o papel das bactérias fixadoras de nitrogênio nas plantas. De origem tcheca, formou-se em engenharia agrônoma pela Universidade de Munique, vindo para o Brasil após a 2ª Grande Guerra e sendo contratada em 1951 pelo Instituto de Ecologia e Experimentação Agrícolas, hoje transformado no Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia da Embrapa. Johanna foi a cientista brasileira com o maior número de citações em publicações indexadas internacionais.

Seus estudos sobre as bactérias foram fundamentais para que a agricultura brasileira diminuísse o uso de fertilizantes. O impacto imediato de suas pesquisas foi a economia brutal que pôde ser feita na cultura da soja, colocando o Brasil como um dos maiores exportadores mundiais dessa leguminosa. Outro impacto imediato foi a diminuição drástica da poluição das águas por fertilizantes agrícolas. O sucesso dessa estratégia tornou o Brasil o segundo maior produtor mundial, economizando mais de US\$ 1 bilhão por ano em fertilizantes e tornando o produto nacional competitivo nos mercados internacionais. A crise do petróleo dos anos 1970, o aumento da poluição causada pela maciça adubação, principal-



Alexandre Campbell/Folhapress

Figura 4.22. A pesquisadora Johanna Döbereiner em seu laboratório na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em fotografia de 1995. >

mente nos EUA, e o uso da técnica de redução do acetileno, que serve para se detectar a atividade das bactérias fixadoras, acabaram por atrair a atenção do mundo inteiro para o trabalho da dra. Döbereiner. O mundo científico começou a tentar entender os conhecimentos adquiridos e as experiências desenvolvidas pela dra. Johanna e sua equipe, especialmente no campo da pesquisa sobre a associação entre bactérias diazotróficas (fixadoras de nitrogênio) e cereais, gramíneas e tuberosas.

[...]

Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial. v. 39, n. 3. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/jbpm/v39n3/16992.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

BIOTECNOLOGIA E A FIXAÇÃO DO NITROGÊNIO DO AR

Cientistas da Universidade de Nottingham, no Reino Unido, divulgaram em 2013 o desenvolvimento de uma tecnologia que permite que plantas não leguminosas consigam fixar nitrogênio direto do ar. As bactérias fixadoras são implantadas na semente, sem uso de modificação genética. Com essa técnica, as células da semente passam a ter associadas a elas bactérias fixadoras de nitrogênio. Desse modo, todas as células da planta adulta serão capazes de fixar nitrogênio, dispensando o uso dos adubos nitrogenados.

O uso de adubos nitrogenados na agricultura é muitas vezes fundamental para o desenvolvimento das plantas, entretanto, esses adubos encarecem a produção e seu uso inadequado causa poluição do solo e da água.

7.5. Ciclo do fósforo

O fósforo é um elemento químico (P) fundamental para os seres vivos, pois faz parte das moléculas de ácidos nucleicos (DNA e RNA), de moléculas que atuam nas células como armazenadoras da energia (ATP) e da composição de estruturas como membranas celulares, ossos e dentes. Ele é muito reativo e só é encontrado associado a outros elementos. Para os seres vivos, a forma mais importante é a de íon fosfato (PO_4^{3-}).

O principal reservatório de íons fosfato na natureza são rochas. Ao serem erodidas, liberam gradualmente esse íon, que é muito solúvel em água, sendo carregado pelas chuvas para rios, lagos e mares. Grande parte do fosfato fica retida nos sedimentos profundos dos oceanos e dificilmente volta a participar de seu ciclo. Outra parte é absorvida por fotossintetizantes, como as plantas, e empregada na síntese de moléculas que passam a fazer parte do corpo desses organismos.

O fosfato passa, assim, de sua forma inorgânica para a orgânica. Uma vez incorporado ao corpo desses produtores primários, é transferido aos consumidores pela cadeia alimentar. Esses íons retornam ao ambiente pelo processo de decomposição da matéria orgânica presente nos organismos mortos ou pela eliminação de excrementos, caso do guano das aves. O ciclo está representado de maneira simplificada na figura 4.23.

Os adubos usados na agricultura são ricos em fosfato, considerando que os solos nem sempre dispõem de quantidades adequadas para a nutrição e o crescimento das plantas.



Figura 4.23. Esquema simplificado do ciclo do fósforo. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

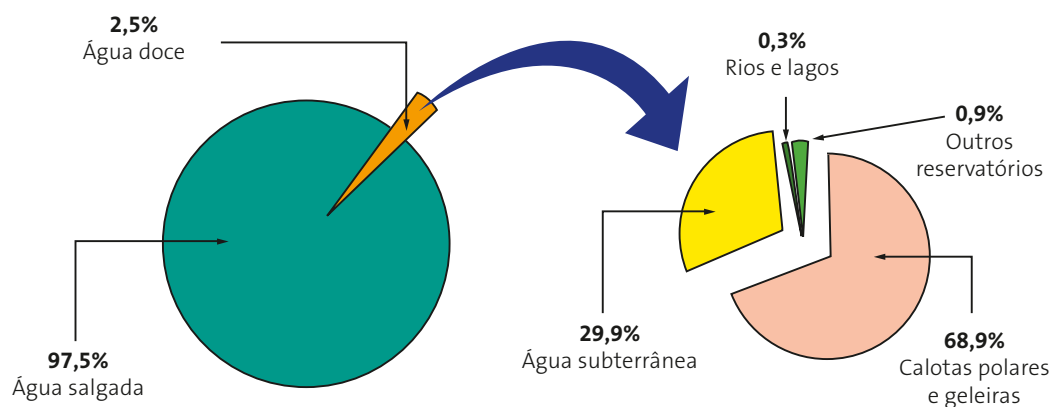


Pegada de água ou pegada hídrica

A Terra é poeticamente chamada de “Planeta Água”, o que se justifica pelo fato de a água cobrir cerca de 70% de sua superfície. A água disponível para consumo humano, que é a doce e líquida, corresponde a menos de 1% do total

existente no planeta. Mesmo que pareça uma porcentagem muito pequena, estamos falando de mais de 8 475 200 km³ de água nos rios, lagos e reservatórios subterrâneos (com 1 km³ de água, daria para encher 1 milhão de piscinas semiolímpicas).

A ÁGUA NO PLANETA TERRA



Fonte: *Águas doces do Brasil*. Escrituras/Instituto de Estudos Avançados — USP.

▲ Distribuição de água no planeta Terra e principais locais de armazenamento de água doce.

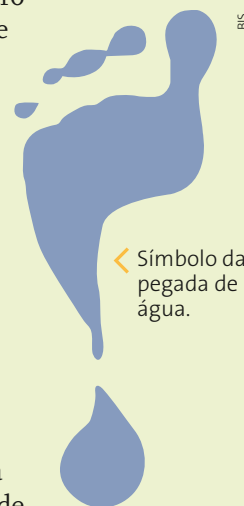
Os valores anteriormente descritos podem ser considerados constantes ao longo do tempo, pois existe o ciclo da água. A água é usada, então, como se fosse um recurso natural renovável, que não vai se esgotar, ao contrário do petróleo, que é um recurso natural não renovável. No entanto, a quantidade de água disponível para consumo humano é limitada e tem se tornado insuficiente para sustentar a crescente população mundial. Os riscos de uma futura falta de água em nível planetário são elevados e acredita-se que a crise da água será uma das grandes questões do século XXI. A ONU prevê situação crítica para 2025, quando estima que 2/3 da população mundial viverão em condições de escassez de água.

Um conceito que tem sido muito considerado nos estudos recentes sobre o uso da água é o da pegada de água (traduzido do inglês *water footprint*) ou pegada hídrica. Segundo esse conceito, deve-se considerar no cálculo do consumo de água não apenas a água que usamos diretamente para beber, cozinhar e lavar, mas também a água empregada de forma indireta: na produção de

alimentos, papel, roupas, eletrônicos etc. A pegada de água de uma pessoa, comunidade ou empresa é, portanto, definida como o volume total de água doce utilizado para produzir todos os bens e serviços consumidos por elas.

Essa forma de calcular o consumo de água foi elaborada pelo pesquisador holandês Arjen Hoekstra e procura mostrar que a chamada água virtual – aquela que não vemos e está embutida na produção de alimentos e de bens de consumo – é fundamental nas análises sobre estratégias de uso consciente da água.

Veja na figura a seguir alguns exemplos da quantidade de água empregada na produção de alguns itens do cotidiano e uma tabela sobre o uso da água em situações do dia a dia.



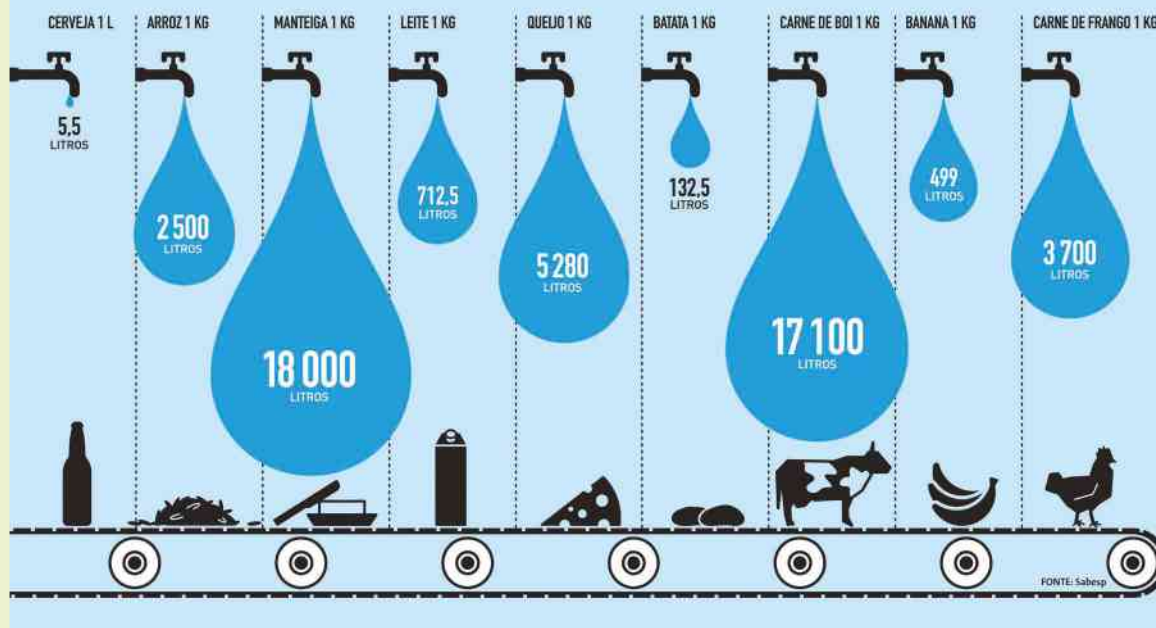
◀ Símbolo da pegada de água.

Conceitualgraf

BIS

A ÁGUA QUE VOCÊ NÃO VÊ

Você consome sem perceber. Veja o quanto de água potável é necessário para produzir itens do seu cotidiano



Quantidade, em litros, de água necessária para produzir alguns itens usados na alimentação humana.

Uso	Água consumida em uma casa (em litros)	Água consumida em um apartamento (em litros)
Escovar os dentes (5 minutos)	12	80
Lavar pratos (15 minutos)	117	243
Chuveiro elétrico (banho de 15 minutos)	45	243
Descarga no vaso sanitário com caixa acoplada (uma utilização)	10	10

Fonte: Dados da Sabesp, que gerencia o tratamento e fornecimento de água na cidade de São Paulo.
Disponível em: <<http://www.sabesp.com.br>>. Acesso em: jan. 2016.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

- De toda a água doce disponível no mundo, 14% encontra-se em território brasileiro. A abundância de recursos hídricos, no entanto, não justifica o uso sem responsabilidade da água. Segundo dados da ONU, o uso diário de água por pessoa deve ficar em torno de 80 litros e um uso de mais de 120 litros por dia é considerado desperdício. Com base nos dados da tabela, faça uma estimativa do seu consumo diário de água e compare-o com o de seus colegas. Caso os valores ultrapassem as recomendações da ONU, discutam algumas medidas necessárias para evitar o desperdício no uso doméstico da água.



Retomando

Como você pôde notar, matéria e energia percorrem caminhos interconectados nos ecossistemas. Retome suas respostas às questões da seção **Pense nisso** e procure reescrevê-las com base no que você aprendeu neste capítulo. A água é um recurso renovável? Pense nos alimentos que você ingere. Você diria que eles são um recurso renovável? Justifique sua resposta.



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO

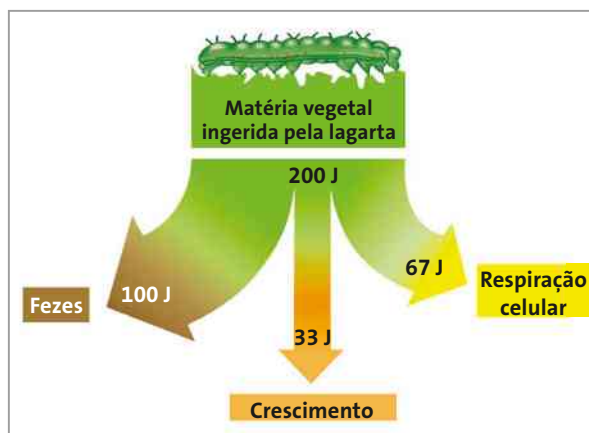


Atividade 1 Fluxo energético Habilidades do Enem: H8, H9, H17, H21.

Inicialmente, vamos visualizar a essência de um fluxo energético analisando a figura a seguir. Nela está representada uma lagarta, animal que se alimenta de folhas. Nesse esquema, a largura de cada seta é uma medida da quantidade de material transferido, em joules (unidade de energia) por unidade de tempo, que neste exemplo consideramos ser um dia.

Com base na figura ao lado, responda:

- Qual é a quantidade de energia incorporada pela lagarta na forma de alimento por dia?
- A lagarta consegue usar todo o material que comeu para manter-se viva ou para crescer? Justifique.
- Qual é a proporção que corresponde ao material efetivamente utilizado pela lagarta em relação ao que ela comeu?
- Considerando todo o trabalho necessário para ingerir, digerir e absorver material, você diria que a lagarta é muito eficiente no aproveitamento do alimento?
- Qual é a proporção de energia efetivamente aproveitada como combustível para a lagarta manter-se viva, realizando todas as suas atividades? Qual é a proporção destinada para a construção do corpo e, portanto, para o crescimento?
- Se você pudesse escolher entre comer essa lagarta ou comer exatamente a quantidade de folhas que ela ingeriu para crescer, o que você escolheria? Para responder, pense **somente em termos energéticos**.



Esquema de fluxo energético.

Conceitograf

Atividade 2 Pirâmides ecológicas de números e biomassa Habilidades do Enem: H8, H9

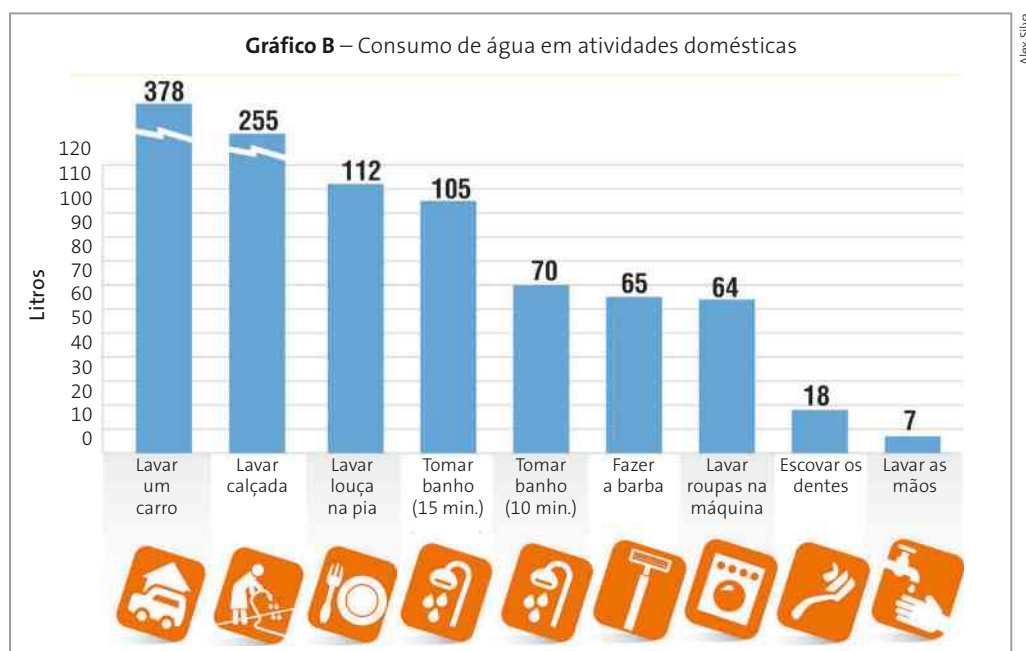
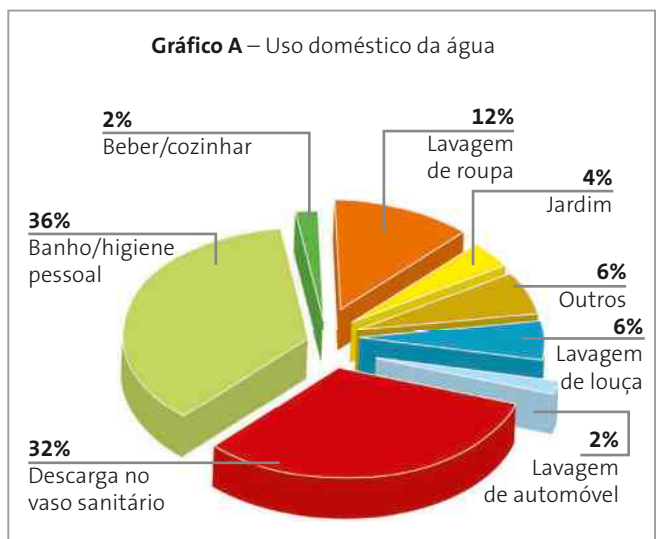
Vamos considerar uma área onde há uma comunidade hipotética estável, cujas espécies e seus respectivos números de indivíduos e peso seco médio por indivíduo estão registrados na tabela a seguir. Na comunidade estável, para cada indivíduo eliminado, outro da mesma espécie o substitui.

Espécie	Nº total de indivíduos	Peso seco médio por indivíduo (g)
Goiabeira	1	20 000
Gafanhoto	130	6
Morcego frugívoro	8	38
Pássaro insetívoro	9	130
Gavião predador de animais grandes	1	580
Lagartas de uma espécie de borboleta	230	10
Capim	83	173
Pássaro frugívoro	3	45
Morcego insetívoro	12	163

- Liste em seu caderno as espécies que integram os níveis tróficos dos produtores e consumidores primários, secundários e terciários.
- A partir da tabela, construa as pirâmides de números e de biomassa.
- Observe sua pirâmide de números. Ela é típica? Justifique sua resposta.
- Agora, observe a pirâmide de biomassa. Ela é típica? Considerando a dieta dos herbívoros, você acha que toda a biomassa de produtores está disponível para eles? Justifique.

Atividade 3 Consumo de água Habilidades do Enem: H3, H4, H8, H17.

Observe os gráficos a seguir, que trazem informações a respeito do consumo de água por setor e nas atividades domésticas em uma capital brasileira.



Fonte dos dados: Atlas Ambiental de Porto Alegre. Rualdo Menegat (Coord.). Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 1998. p. 180.

Gráficos de consumo de água em uma capital brasileira. O gráfico **A** mostra a proporção do consumo total que cabe a cada setor e destinação no ambiente doméstico, respectivamente. O gráfico **B** apresenta o volume médio de água consumido em cada atividade doméstica específica.

Analise os dados e responda:

- O gráfico **A** mostra que lavar carros não é uma atividade que consome muita água, proporcionalmente. Mas no gráfico **B** essa atividade aparece em primeiro lugar como maior consumo. Como você explica essa aparente incoerência?
- Considerando o uso doméstico da água, quais são as duas atividades que respondem pelo maior consumo ao longo do tempo? Seu total corresponde a que porcentagem de todo o consumo doméstico?
- Suponha que você execute diariamente todas as atividades descritas no gráfico **B**. Se você quiser economizar água, o que você mudaria nos seus hábitos?



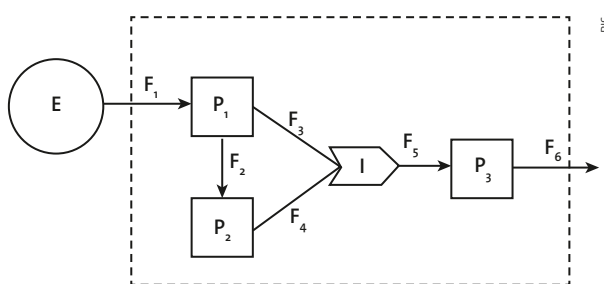
1. (Enem) O cultivo de camarões de água salgada vem se desenvolvendo muito nos últimos anos na região Nordeste do Brasil e, em algumas localidades, passou a ser a principal atividade econômica. Uma das grandes preocupações dos impactos negativos dessa atividade está relacionada à descarga, sem nenhum tipo de tratamento, dos efluentes dos viveiros diretamente no ambiente marinho, em estuários ou em manguezais. Esses efluentes possuem matéria orgânica particulada e dissolvida, amônia, nitrito, nitrato, fosfatos, partículas de sólidos em suspensão e outras substâncias que podem ser consideradas contaminantes potenciais.

CASTRO, C. B.; ARAGÃO, J. S.; COSTA-LOTUFO, L. V. *Monitoramento da toxicidade de efluentes de uma fazenda de cultivo de camarão marinho*. Anais do IX Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia, 2006 (adaptado).

Suponha que tenha sido construída uma fazenda de carcinicultura próximo a um manguezal. Entre as perturbações ambientais causadas pela fazenda, espera-se que:

- a) a atividade microbiana se torne responsável pela reciclagem do fósforo orgânico excedente no ambiente marinho.
 - b) a relativa instabilidade das condições marinhas torne as alterações de fatores físico-químicos pouco críticas à vida no mar.
 - c) a amônia excedente seja convertida em nitrito, por meio do processo de nitrificação, e em nitrato, formado como produto intermediário desse processo.
 - d) os efluentes promovam o crescimento excessivo de plantas aquáticas devido à alta diversidade de espécies vegetais permanentes no manguezal.
 - x e) o impedimento da penetração da luz pelas partículas em suspensão venha a comprometer a produtividade primária do ambiente marinho, que resulta da atividade metabólica do fitoplâncton.
2. (Enem) Na natureza a matéria é constantemente transformada por meio dos ciclos biogeoquímicos. Além do ciclo da água, existem os ciclos do carbono, do enxofre, do fósforo, do nitrogênio e do oxigênio. O elemento que está presente em todos os ciclos nomeados é o
- a) fósforo.
 - b) enxofre.
 - c) carbono.
 - x d) oxigênio.
 - e) nitrogênio.

3. (Enem) A figura representa um dos modelos de um sistema de interações entre seres vivos. Ela apresenta duas propriedades, P_1 e P_2 , que interagem em I, para afetar uma terceira propriedade, P_3 , quando o sistema é alimentado por uma fonte de energia, E. Essa figura pode simular um sistema de campo em que P_1 representa as plantas verdes; P_2 um animal herbívoro e P_3 um animal onívoro.



E: função motriz. P: propriedades. F: fluxos. I: interações.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

A função interativa I representa a proporção de:

- a) herbivoria entre P_1 e P_2 .
 - b) polinização entre P_1 e P_2 .
 - c) P_3 utilizada na alimentação de P_1 e P_2 .
 - x d) P_1 ou P_2 utilizada na alimentação de P_3 .
 - e) energia de P_1 e de P_2 que saem do sistema.
4. (Enem) O menor tamanduá do mundo é solitário e tem hábitos noturnos, passa o dia repousando, geralmente em um emaranhado de cipós, com o corpo curvado de tal maneira que forma uma bola. Quando em atividade, se locomove vagarosamente e emite som semelhante a um assobio. A cada gestação, gera um único filhote. A cria é deixada em uma árvore à noite e é amamentada pela mãe até que tenha idade para procurar alimento. As fêmeas adultas têm territórios grandes e o território de um macho inclui o de várias fêmeas, o que significa que ele tem sempre diversas pretendentes à disposição para namorar! Essa descrição sobre o tamanduá diz respeito ao seu:
- a) habitat.
 - b) biótopo.
 - c) nível trófico.
 - x d) nicho ecológico.
 - e) potencial biótico.

5. (Enem) O nitrogênio é essencial para a vida e o maior reservatório global desse elemento, na forma de N_2 , é a atmosfera. Os principais responsáveis por sua incorporação na matéria orgânica são microrganismos fixadores de N_2 , que ocorrem de forma livre ou simbioses com plantas.

ADUAN, R. E. et al. *Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta*. Planaltina: Embrapa, 2004 (adaptado).

Animais garantem suas necessidades metabólicas desse elemento pela

- a) absorção do gás nitrogênio pela respiração.
 - b) ingestão de moléculas de carboidratos vegetais.
 - c) incorporação de nitratos dissolvidos na água consumida.
 - x d) transferência da matéria orgânica pelas cadeias tróficas.
 - e) proto cooperação com microrganismos fixadores de nitrogênio.
6. (Enem) Os personagens da figura estão representando uma situação hipotética de cadeia alimentar.

Leonardo Alves Teixeira



(Fonte em: <http://www.cienciasgaspar.blogspot.com>)

Suponha que, em cena anterior à apresentada, o homem tenha se alimentado de frutas e grãos que conseguiu coletar. Na hipótese de, nas próximas cenas, o tigre ser bem-sucedido e, posteriormente, servir de alimento aos abutres, tigre e abutres ocuparão, respectivamente, os níveis tróficos de

- a) produtor e consumidor primário.
- b) consumidor primário e consumidor secundário.
- x c) consumidor secundário e consumidor terciário.
- d) consumidor terciário e produtor.
- e) consumidor secundário e consumidor primário.

7. (Ufes - Adaptada).

O autor da natureza

“ [...]

Admiro demais o beija-flor
Que com medo da cobra inimiga
Só constrói o seu ninho na urtiga
Recebendo lição do Criador
Observo a coragem do condor
Que nos montes rochosos come a presa
Urubu empregado na limpeza
Como é triste a vida do abutre
Quando encontra um morto é que se nutre
Quanto é grande e suprema a natureza.

[...]”

Zé Vicente da Paraíba, Passarinho do Norte e Bráulio Tavares.

Considerando-se o fluxo direcional de energia em um ecossistema, conclui-se que o ponto final do fluxo observado na música é:

- a) o condor.
- b) o beija-flor.
- c) a urtiga.
- x d) o urubu.
- e) a cobra.

8. (UFPB) Sobre os ciclos biogeoquímicos, analise as proposições a seguir, identificando as verdadeiras.

- x 01. O carbono que compõe o corpo dos organismos vivos chega até eles através da fotossíntese, da quimiossíntese e do consumo de outros organismos ou de seus produtos.
- 02. A atmosfera é uma via importante no ciclo do carbono, do nitrogênio e do fósforo.
- x 04. A expressão “Ciclos Biogeoquímicos” é utilizada para se referir ao movimento de um determinado elemento químico através do corpo dos organismos e dos ambientes físicos do nosso planeta.
- x 08. As plantas, através da transpiração, liberam vapor de água para a atmosfera, sendo esse vapor parte do ciclo da água e uma importante contribuição para a manutenção de condições favoráveis à vida no nosso planeta.
- 16. A forma mais comum de absorção do nitrogênio pelos organismos é o nitrogênio molecular (N_2), abundante na atmosfera, mas vários grupos de plantas precisam da interferência de bactérias fixadoras e bactérias nitrificantes para a obtenção desse elemento químico.

Indique a soma dos valores atribuídos às proposições verdadeiras. Resposta: 01 + 04 + 08 = 13

Comunidades e populações

Jeff Rotman/Getty Images



Figura 5.1. Essa fotografia ilustra uma das interações existentes nas comunidades biológicas: estrelas-do-mar (chegam a medir 50 cm de diâmetro) predando mariscos (cor escura). A manutenção do equilíbrio dos ecossistemas depende dessas interações entre populações e também entre os indivíduos de cada população. A teia da vida é intrincada e delicada e dela participam também os fatores abióticos do meio.



Pense nisso

- Analisando a fotografia e a legenda acima, você saberia dizer que tipo de interação entre os indivíduos da população de mariscos pode estar ocorrendo? E entre os indivíduos da população de estrelas-do-mar? Explique sua resposta.
- As estrelas-do-mar são animais carnívoros, enquanto os mariscos são animais que se alimentam de diminutos seres que filtram da água do mar. O fato de a estrela-do-mar se alimentar de mariscos é prejudicial à população de mariscos? Explique sua resposta.
- Localize no mapa de biomas do IBGE, apresentado no Capítulo 3, a região onde você mora. Em qual dos biomas sua região está incluída? A vegetação do local onde você mora corresponde à vegetação predominante nesse bioma? Cite alguns exemplos de populações de plantas e de animais que vivem nesse bioma. Essas populações compõem uma comunidade?
- Se você fosse estudar uma comunidade do bioma escolhido, que características investigaria? Explique sua resposta.
- Pense agora em uma das populações que citou. Quais características você considera importantes para entender como é essa população?

1. Características estruturais de comunidades

O primeiro procedimento a ser realizado ao estudar uma comunidade é a identificação das diferentes espécies que a compõem. Para isso são necessárias diversas coletas de informações ao longo do ano, visto que as populações não são constantes o tempo todo. Há populações, por exemplo, que ocorrem apenas em algumas estações do ano ou são mais abundantes em determinados meses.

Teoricamente, desse levantamento deveriam constar todas as espécies que existem no local; como na prática isso é quase impossível, a solução mais adotada pelos pesquisadores consiste em estudar as populações de algumas espécies da comunidade.

Uma vez identificadas as espécies que compõem a comunidade, é importante determinar a frequência relativa de determinada espécie. A frequência relativa fornece estimativa da **dominância** numérica dessa espécie em relação às demais.

Para calcular a frequência relativa numérica, divide-se o número de indivíduos de uma população pelo número total de indivíduos da comunidade. Para obter a porcentagem, deve-se multiplicar o resultado por 100. A espécie que apresenta maior fre-

quência relativa é chamada de espécie dominante.

Conhecendo o número de espécies e suas respectivas frequências relativas, podemos calcular a **diversidade** de espécies da comunidade.

O termo diversidade biológica ou biodiversidade tem atualmente um significado mais amplo que inclui, além da diversidade de espécies, a diversidade genética em uma população, comunidade ou ecossistema. No nosso caso, estamos considerando e analisando a diversidade de espécies em uma comunidade, que reflete a diversidade genética dessa comunidade.

Uma comunidade submetida a alterações do ambiente ou a interferências humanas intensas tende a apresentar diminuição de sua diversidade específica. Isso se deve ao estabelecimento de condições rigorosas, a que nem todas as espécies originais conseguem resistir, e ao possível desenvolvimento de outras espécies que, por serem mais resistentes, se tornam mais numerosas, podendo tornar-se dominantes.

Você verá que o estudo das características estruturais de comunidades e populações é feito com o uso de saberes matemáticos, como elaboração e leitura de gráficos, cálculo de estatísticas e aplicação de equações.

2. A dinâmica das comunidades: sucessão ecológica

Os seres vivos que compõem uma comunidade sofrem influência de seu ambiente, mas também atuam sobre ele, provocando alterações locais. Essas alterações podem estabelecer novas condições eventualmente favoráveis à instalação de outras espécies e desfavoráveis às espécies já existentes na comunidade. Assim, podem ocorrer mudanças na composição de espécies que, ao longo do tempo, podem levar ao estabelecimento de uma comunidade estável, autorregulada, que dificilmente sofre alterações significativas em sua estrutura. Todavia, é muito comum na natureza ocorrerem perturbações em várias escalas de tempo que impedem a comunidade de atingir estabilidade.

A comunidade estável é denominada **comunidade clímax**, e a sequência de estágios de seu desenvolvimento é chamada **sucessão ecológica**. Cada estágio da

sucessão, ou seja, cada comunidade intermediária estabelecida durante o desenvolvimento da comunidade clímax é denominado **estágio seral**.

Uma sucessão ecológica apresenta três características básicas:

- é um processo não sazonal, contínuo;
- ocorre como resposta às modificações nas condições ambientais locais, provocadas pelos próprios organismos dos estágios serais;
- termina com o estabelecimento de uma comunidade clímax, que não sofre mais alterações importantes em sua estrutura, desde que as condições macroclimáticas não se alterem.

A sucessão ecológica pode ser primária ou secundária, dependendo de seu estágio inicial.

A sucessão é primária quando o início da colonização ocorre em regiões anteriormente desabitadas, que não reúnem condições favoráveis à sobrevivência da maioria dos seres vivos. É o que acontece, por exemplo, em superfícies nuas de rochas, de dunas de areia recém-formadas e de lavas vulcânicas recém-solidificadas; poucas espécies conseguem suportar as condições adversas de locais como esses (Fig. 5.2).

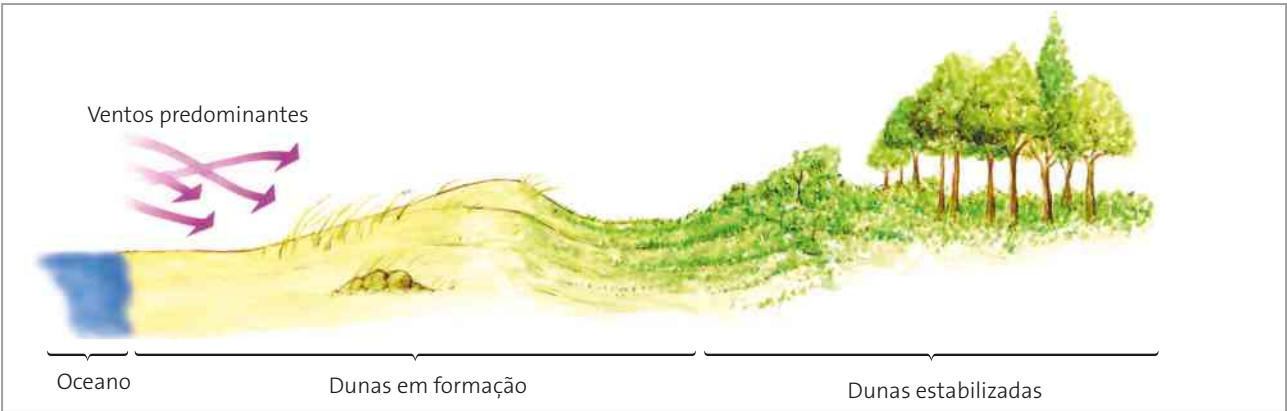


Figura 5.2. Esquema de sucessão primária em dunas. Estágios mais avançados estão representados mais à direita no esquema. (Elementos representados em diferentes escalas.)

A sucessão é secundária quando o desenvolvimento de uma comunidade tem início em uma área anteriormente ocupada por outras comunidades bem estabelecidas, como terras de cultura abandonadas, campinas aradas e florestas recém-derrubadas (Fig. 5.3).

Em geral, as sucessões primárias demoram mais tempo do que as secundárias para atingir o clímax. Alguns estudos de sucessão primária em dunas ou

em regiões de derramamento de lava estimam que sejam necessários pelo menos mil anos para o desenvolvimento de uma comunidade clímax. Por sua vez, a sucessão secundária em terras com clima úmido e temperado onde houve derrubada de matas pode levar apenas 100 anos.

As espécies que iniciam o processo de sucessão são chamadas **espécies pioneiras**.

Figura 5.3. Esquema de um exemplo de sucessão secundária em campo abandonado. (Elementos representados em diferentes escalas.)



Ao longo da sucessão, as comunidades que se instalam sofrem mudanças em sua estrutura. As principais estão resumidas na tabela a seguir (Fig. 5.4).

Características da comunidade	Tendências na sucessão, desde o estágio inicial até o clímax
Composição em espécies	Muda rapidamente no início e mais lentamente nos estágios intermediários, mantendo-se aproximadamente constante no clímax. As espécies pioneiras podem não ser abundantes na comunidade clímax ou mesmo não fazer parte dela.
Diversidade de espécies	A diversidade inicial é baixa, havendo predomínio de autótrofos. Ao longo da sucessão, ocorre aumento na diversidade e no número de heterótrofos. No clímax a diversidade é estável. Às vezes, a diversidade aumenta ao longo da sucessão e declina um pouco no clímax.
Biomassa	Aumenta.
Teia alimentar	Torna-se mais complexa.

Figura 5.4. Síntese das principais características das comunidades que se instalam ao longo de uma sucessão ecológica.



DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA: CAUSAS E CONSEQUÊNCIAS

O desmatamento da Amazônia está intimamente ligado ao projeto de ocupação da área, posto em prática na década de 1970. Estradas construídas legalmente abriram espaços para a construção ilegal de outras estradas e para a ocupação ilegal da área.

Fotografias de satélite permitem visualizar a localização de áreas desmatadas, que geralmente acompanham as estradas. As três fotografias mostradas a seguir (Fig. 5.5) são de uma mesma região no estado de Rondônia, a primeira tirada em 1985, a segunda em 1992 e a última em 2013. Elas evidenciam as marcas do processo de desmatamento.

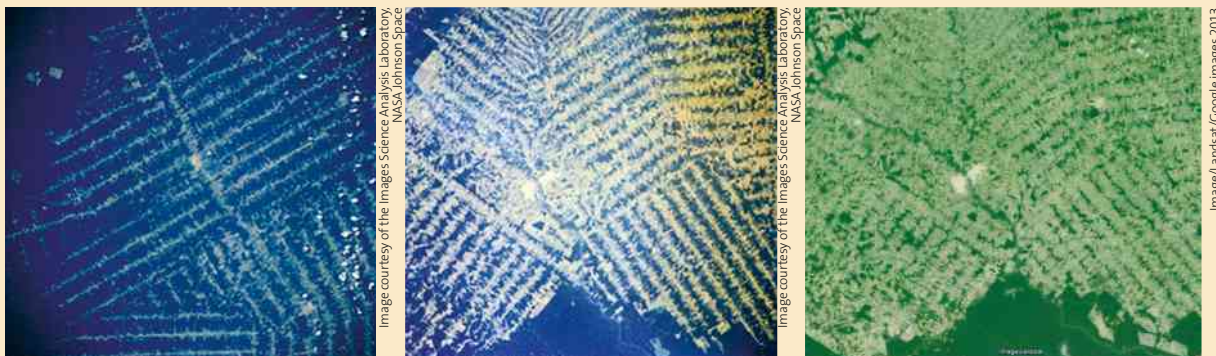


Figura 5.5. Fotografias de satélite de três áreas em uma mesma região do estado de Rondônia, tiradas, respectivamente, em 1985, 1992 e 2013, representando três estágios do avanço do desmatamento nesse período. A mata sem evidências de degradação aparece em tom escuro; as áreas desmatadas correspondem ao tom mais claro. É marcante o padrão em espinha de peixe: ao longo de uma rodovia são abertas estradas secundárias paralelas, distantes 4 a 5 km uma da outra, a partir das quais o desmatamento se intensifica. A largura das áreas fotografadas situa-se em torno de 50 km.

Atualmente, há três redes principais de desmatamento formadas pelas estradas da região, sendo que a combinação delas forma o chamado “arco do desmatamento”, mostrado na figura 5.6. Esse arco compreende a área do sudeste do Maranhão ao norte do Tocantins, leste do Pará, norte do Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e sudeste do Acre.

ARCO DO DESMATAMENTO

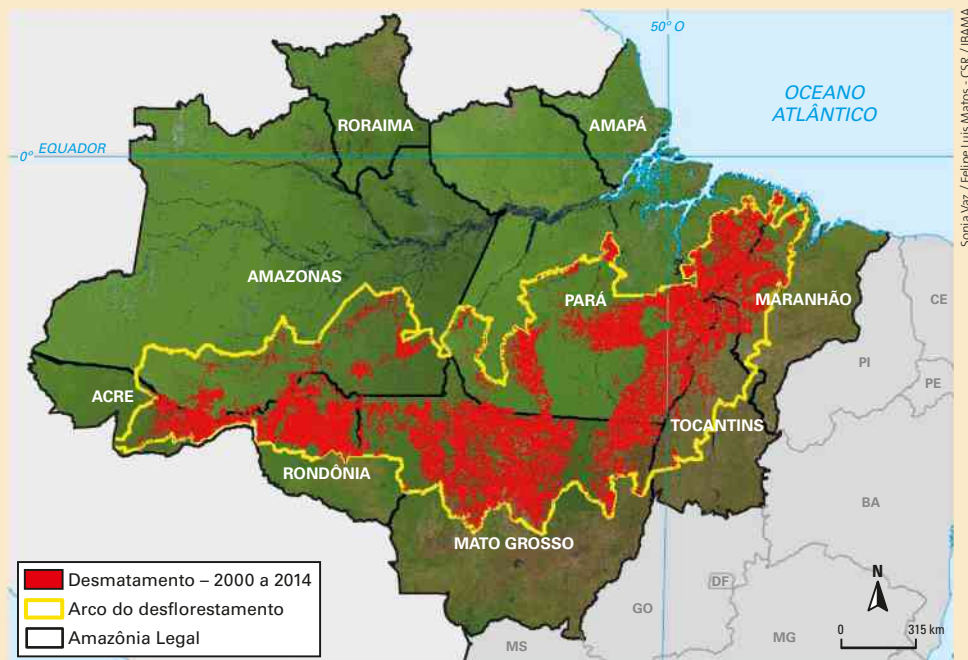


Figura 5.6. Mapa da região amazônica, com destaque para o arco do desmatamento (área vermelha).

Fonte de dados: Ibama, 2014.

Além de estradas, o desmatamento está ligado ao estabelecimento e ao crescimento de cidades, à agricultura (em especial a mecanizada de soja e algodão), à criação de gado, à exploração de madeiras nobres, entre outras causas.

O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (Prodes), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), realiza o monitoramento na chamada Amazônia Legal e produz, desde 1988, relatórios anuais de desmatamento na região. Esses relatórios são disponibilizados para consulta pública no *site* <<http://www.obt.inpe.br/deter>> (acesso em: mar. 2016) e usados pelo governo federal para o estabelecimento de políticas públicas.

A taxa de desmatamento estimada pelo Prodes 2015 indicou aumento de 16% em relação a 2014. Ainda assim, essa taxa correspondeu a uma redução de 79% em relação à registrada em 2004, quando foi iniciado o Plano para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia (PPCDAm).

O gráfico a seguir (Fig. 5.7) apresenta a taxa de desmatamento anual nos estados que compõem a Amazônia Legal, desde 1988 até 2015.

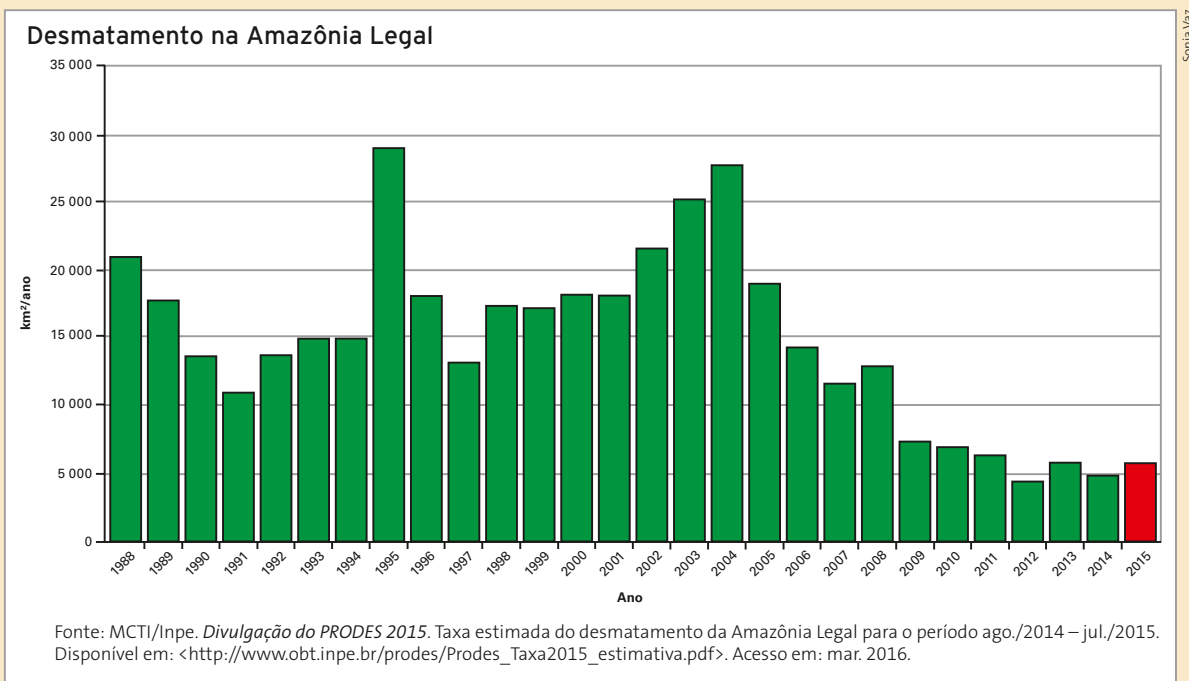


Figura 5.7. Gráfico comparativo das taxas de desmatamento na Amazônia Legal de 1988 a 2015 (dados desse último ano ainda não consolidados à época da publicação).

Consequências do desmatamento

O desmatamento acarreta principalmente diminuição de produtividade primária (fotossíntese) e de biodiversidade, além de mudanças no regime hidrológico (ciclo da água), que trazem consequências para o clima em diferentes escalas.

Na Amazônia, o desmatamento é um processo extremamente preocupante, pois aumenta a rapidez do escoamento da água da chuva para os rios. Isso contribui para que as cheias se alternem com períodos de drástica redução no volume dos rios, com óbvias consequências para o ecossistema aquático e para os sistemas de várzea. Nesse caso há diminuição do volume de água retido na própria floresta e do exportado para outras regiões na forma de vapor. Boa parte da umidade que chega à região centro-sul, em certas épocas do ano, por exemplo, é trazida por correntes de ar da parte ocidental da Amazônia.

Na transição entre os meses secos e os chuvosos em São Paulo, pesquisadores avaliaram preliminarmente que cerca de 70% da precipitação no estado é originada de vapor-d'água trazido da Amazônia. Esse fenômeno impede o prolongamento da época seca na região onde o regime de chuvas tem implicações diretas na geração de energia elétrica.

A análise das consequências do desmatamento envolve também o decorrente corte seletivo de árvores de alto valor comercial e baixa densidade, que é muitas vezes subestimado. Com a derrubada de uma grande árvore, abre-se um espaço no dossel (cobertura geral da mata constituída pelas copas justapostas das árvores de grande porte). Com isso, o sol (e o vento) atinge o solo criando um microclima mais seco favorável a incêndios que devastam as plantas menores e afetam profundamente as maiores. Esses incêndios iniciais facilitam incêndios secundários muito mais desastrosos, com temperaturas mais altas e chamas maiores. Instaura-se assim um ciclo vicioso que culmina com a destruição total da floresta na área.

De acordo com previsões do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), caso o total desmatado alcance 50%, o bioma deverá sofrer um processo de savanização, com aumento da temperatura sobre o solo e redução nos índices de precipitação e evapotranspiração. Isso acarretaria ao mesmo tempo um avanço acelerado da desertificação da caatinga no Nordeste brasileiro. A savanização não deve ser considerada como transição para o bioma de cerrado, bastante rico em espécies. Muito provavelmente, o bioma resultante seria uma savana com baixa biodiversidade, ocupando toda a parte oriental da Amazônia. A porção ocidental, apesar disso, deve manter a formação florestal, mesmo no novo regime climático.

Fontes dos dados: FEARNside, P. M. 2005 *Megadiversidade*, 1(1), p. 117-118 e SAMPAIO, G. Agência Fapesp, 25 nov. 2008.

INPE. *PRODES estima 5.831 km² de desmatamento na Amazônia em 2015*. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=4058>. Acesso em: mar. 2016.

3. Interações entre populações de uma comunidade

Os organismos de uma comunidade interagem exercendo influências recíprocas que se refletem nas populações envolvidas.

Essas interações podem ocorrer entre indivíduos da mesma população (**intraespecíficas**) ou entre indivíduos de populações de espécies diferentes (**interespecíficas**).

Quando analisadas isoladamente, essas interações podem se revelar harmônicas ou desarmônicas.

As **interações harmônicas** ou positivas são aquelas em que não há prejuízo para nenhuma das populações da interação. Já nas **interações desarmônicas** ou negativas, pelo menos uma das populações sofre algum tipo de desvantagem. Entretanto, considerando o total das interações em uma comunidade, verifica-se que mesmo as desarmônicas podem ter efeitos indiretos positivos, pois são importantes para o equilíbrio das populações que interagem.

3.1. Interações intraespecíficas

Interações intraespecíficas harmônicas

Sociedades

Sociedades são grupos de indivíduos da mesma espécie com divisão de trabalho não restrita a períodos reprodutivos.

Nesses grupos, as diferentes funções podem ser exercidas por indivíduos morfológicamente distintos. Quando isso ocorre, os tipos morfológicos constituem castas, e fala-se em **sociedades heteromorfas** (do grego: *héteros* = diferente; *morphé* = forma).

Em outras sociedades, apesar de também haver divisão de trabalho, os indivíduos não são morfológicamente modificados para a função que exercem. Nesses casos, fala-se em **sociedades isomorfas** (do grego: *íson* = igual). Um bom exemplo de sociedade isomorfa é a sociedade humana, em que, apesar do isomorfismo, há uma complexa divisão de trabalho.

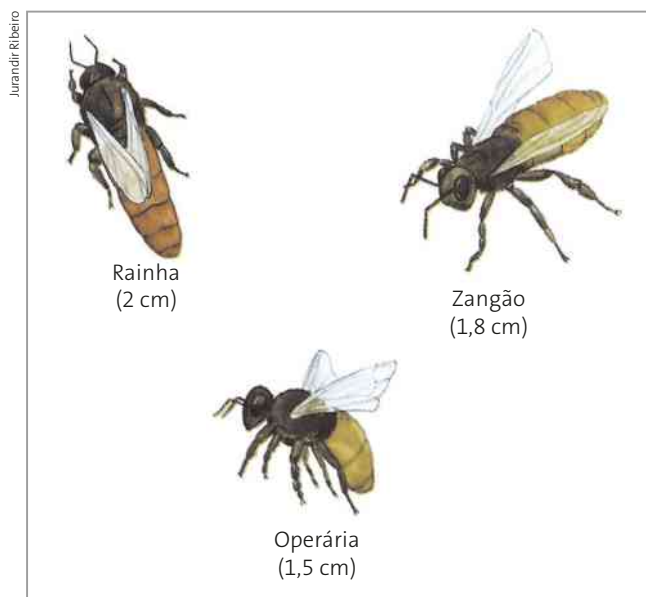
Os insetos sociais são excelentes exemplos de sociedades heteromorfas. É o caso de abelhas, formigas e cupins.

• Abelhas

A maioria das espécies de abelhas não vive em sociedade, isto é, tem hábito solitário. As abelhas sociais, por sua vez, podem formar colmeias de 50 mil a 100 mil indivíduos. A sociedade das abelhas apresenta três castas (Fig. 5.8):

- **operárias**: são fêmeas estéreis, cuja função é realizar todos os trabalhos da colmeia;
- **rainha**: geralmente uma só por colmeia, encarregada da reprodução;

- **zangão**: é o macho, encarregado da fertilização de fêmeas. Seu número por colmeia é relativamente pequeno (apenas algumas centenas).



⬆ **Figura 5.8.** Esquemas de indivíduos das diferentes castas em sociedade de abelhas (*Apis mellifera*). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia).

Poucos dias depois de estar completamente desenvolvida, a rainha realiza o “voo nupcial”, no qual encontra um ou mais zangões, com os quais copula. Os espermatozoides são armazenados no sistema reprodutor da rainha e, no decorrer do tempo, vão fecundando os óvulos que ela produz. Os óvulos fecundados dão origem a fêmeas, na maioria operárias. Uma das fêmeas, no entanto, é alimentada por mais tempo do que as demais, além de receber um alimento especial: a geleia real. Devido à alimentação diferenciada, essa fêmea desenvolve-se morfologicamente em rainha.

A rainha tem vida relativamente longa, podendo viver alguns anos, enquanto as operárias dificilmente ultrapassam um mês de vida.

Os zangões originam-se de óvulos não fecundados, processo denominado **partenogênese**. Eles são formados ao longo da vida das rainhas, ao mesmo tempo que as operárias. Quando as rainhas envelhecem, formam-se apenas zangões, em virtude do esgotamento do estoque de espermatozoides.

Os zangões não têm vida longa, pois não são adaptados à procura e à captação de alimentos, além de deixarem de ser alimentados pelas operárias após o voo nupcial. Assim, eles morrem de fome após a reprodução.

● Formigas

Todas as espécies de formigas são sociais. Os adultos (Fig. 5.9) são fêmeas (com raras exceções), que estão divididas em pelo menos duas castas:

- fêmeas férteis ou **rainhas**, cujo papel primordial é a postura de ovos. Dependendo da espécie de formiga, os ninhos podem ter uma ou várias rainhas;
- fêmeas estéreis ou **operárias**, que não têm asas e realizam todas as demais atividades da colônia, como coleta de água e alimento, alimentação da cria e da rainha e construção e defesa do ninho. As operárias podem apresentar duas ou mais formas diferentes, fato denominado polimorfismo, que se relaciona com a realização de tarefas diferentes. Elas podem, às vezes, ser chamadas de soldados, quando sua função principal é a defesa do ninho.

Os **machos** são alados e aparecem, em geral, apenas uma vez por ano, na época do acasalamento. Nessa época, as rainhas também desenvolvem asas e, junto com os machos, realizam o “voo nupcial”. Após a cópula, os machos morrem e as rainhas não retornam ao formigueiro de origem, mas fundam novos formigueiros. Um ninho de formigas é constituído basicamente de fêmeas sem asas.



⬆ **Figura 5.9.** Esquemas de indivíduos de diferentes castas em sociedade de formigas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia).

● Cupins

Todas as espécies de cupins são sociais. Esses insetos apresentam maior diferenciação morfológica em relação às abelhas e às formigas.

Suas castas são (Fig. 5.10):

- **soldados**: machos ou fêmeas estéreis e vigorosos, com cabeça robusta e mandíbulas fortes; encarregados de defender o cupinzeiro, são agressivos e aparecem em grande número quando o ninho é perturbado;
- **operários**: machos ou fêmeas estéreis, responsáveis pela alimentação; constituem a maior parte dos indivíduos da colônia e são os cupins que geralmente podem ser vistos quando se observa madeira infestada;

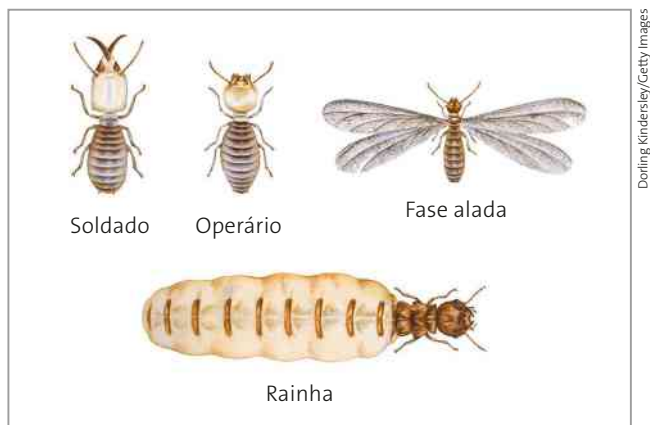


Figura 5.10. Esquemas de indivíduos de diferentes castas em sociedade de cupins. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- **rei e rainha:** constituem o casal real e são os responsáveis pela reprodução. Eles ficam juntos na região central do ninho. A rainha é maior que o rei e apresenta grande desenvolvimento do abdômen em função do grande número de ovos que coloca por dia. Machos e fêmeas com asas só aparecem em determinadas épocas do ano. Eles saem em revoadas principalmente ao entardecer (depois das 18h) e são atraídos por focos de luz, como lâmpadas acesas. São conhecidos popularmente como aleluias ou siriris. A revoada não dura muito tempo. A cópula não ocorre durante o voo, mas no solo, após a perda das asas. Formam-se casais que procuram um lugar para construir seu ninho, originando os novos cupinzeiros. Eles serão o futuro casal real, rei e rainha do novo ninho.

Colônias

Caracterizam-se pela associação mais ou menos íntima ou pela continuidade anatômica de indivíduos de uma mesma espécie, geralmente aparentados ou geneticamente idênticos.

As colônias também podem ser **isomorfas** ou **heteromorfas**, isto é, constituídas, respectivamente, por indivíduos de uma única forma ou com diferenciação morfológica.

Os corais são um exemplo em que não ocorre diferenciação morfológica (Fig. 5.11). As colônias que vivem fixas ao substrato, no ambiente marinho, são isomorfas e os indivíduos não apresentam divisão de trabalho.

Nas colônias heteromorfas (polimorfas) podem ocorrer várias formas diferentes de indivíduos. É o que acontece, por exemplo, com a *Physalia* sp., animal marinho conhecido popularmente como caravela, cuja colônia apresenta indivíduos especializados para flutuação, reprodução e defesa (Fig. 5.12).



Figura 5.11. Fotografia de coral-cérebro, exemplo de colônia isomorfa com cerca de 25 cm de diâmetro.



Figura 5.12. Fotografia de colônia heteromorfa do cnidário *Physalia* sp. (caravela). O contato da pele humana com os tentáculos dessa colônia provoca queimaduras dolorosas. O flutuador mede cerca de 15 cm de comprimento e situa-se acima da superfície da água (seta).

O termo colônia pode ser empregado também para grupos de indivíduos da mesma espécie que constroem ninhos ou criam a prole de forma cooperativa. Nesse caso, a união está relacionada à reprodução. Em razão disso, no caso dos insetos sociais aqui tratados, é comum chamar as colmeias, os formigueiros e os cupinzeiros de colônias.

Interações intraespecíficas desarmônicas

Competição intraespecífica

A palavra competição refere-se à disputa entre indivíduos por recursos do ambiente que não existem em quantidade suficiente para todos.

São muitos os exemplos de competição intraespecífica. É o caso da disputa por alimento entre animais da mesma espécie, da competição entre plantas por luz, nutrientes e água do solo e da disputa entre machos da mesma espécie pela fêmea na hora da reprodução.

Quanto maior for o número de indivíduos de uma população em um meio em que não há recursos suficientes para todos, mais intensa será a competição.

A competição intraespecífica é um dos fatores que regulam o tamanho das populações. Quando fatores genéticos determinam diferenças adaptativas entre os indivíduos de modo que uns têm maior eficiência na exploração dos recursos e mais chance de reprodução, a competição intraespecífica torna-se intimamente relacionada com a mudança evolutiva por seleção natural.

Predação intraespecífica ou canibalismo

Ocorre quando há predação entre indivíduos da mesma espécie. É o caso do besouro-castanho (*Tribolium castaneum*), cujas larvas se alimentam de ovos de sua própria espécie (Fig. 5.13).

Figura 5.13.
Adulto de *Tribolium castaneum*. O animal mede de 2 mm a 3 mm de comprimento.



3.2. Interações interespecíficas

As interações interespecíficas podem ser:

- **harmônicas:** mutualismo, protocooperação, inquilinismo e comensalismo;
- **desarmônicas:** amensalismo (ou antibiose), predatismo, parasitismo e competição interespecífica.

O termo **simbiose**, criado em 1879 pelo biólogo De Bary, tem sido equivocadamente utilizado como sinônimo de mutualismo. Símiose refere-se originalmente a toda e qualquer associação estável entre indivíduos de espécies diferentes, seja uma interação positiva, seja negativa.

Assim, poderíamos considerar três tipos bem definidos de simbiose: o parasitismo, o comensalismo e o mutualismo.

Atualmente, porém, a utilização do termo simbiose tem sido ampliada, aplicando-se a qualquer tipo de relação interespecífica.

A classificação das interações ecológicas pode variar muito. Em algumas, o comensalismo inclui o inquilinismo, que deixa de ser uma das categorias. Com o mutualismo e a protocooperação acontece algo semelhante: o mutualismo pode incluir a protocooperação, que deixa de ser uma categoria válida.

Além disso, há casos em que os limites entre uma categoria e outra não são muito nítidos, e há tipos de interações que não se encaixam bem em nenhuma categoria.

Nas interações ecológicas interespecíficas, costuma-se utilizar sinais para representar o efeito dessa relação sobre as populações envolvidas. O sinal **+** é usado quando a população cresce; o sinal **-**, quando a população diminui; e o sinal **0**, quando não há crescimento nem redução da população. Assim, temos:

- **(- -):** competição;
- **(+ +):** mutualismo, quando as duas populações têm interação favorável e são completamente dependentes uma da outra;
- **(+ +):** protocooperação, quando ambas as populações interagem favoravelmente, mas não de forma obrigatória;
- **(+ 0):** comensalismo;
- **(- 0):** amensalismo;
- **(+ -):** predação, incluindo a herbivoria;
- **(+ -):** parasitismo.

Interações interespecíficas harmônicas

Mutualismo

É um tipo de relação interespecífica em que os participantes se beneficiam e mantêm relação de dependência. Às vezes, essa relação é extremamente íntima, como acontece com os líquens. Eles representam uma associação de fungos e algas dependentes funcionalmente e integrados morfologicamente.

Os líquens (Fig. 5.14) são classificados em espécies, embora na realidade cada espécie de líquen seja formada por duas espécies diferentes de organismos (alga ou cianobactéria e fungo).

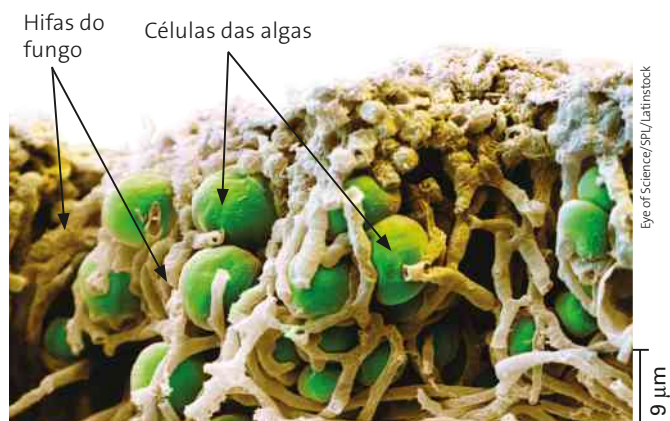


Figura 5.14. Eletromicrografia de varredura de líquen. A maior parte do líquen é formada por hifas do fungo, com uma camada interna de algas ou cianobactérias. A relação mutualística entre esses organismos é altamente elaborada, chegando a apresentar estruturas especializadas para reprodução assexuada. (Cores artificiais.)

Alguns mamíferos herbívoros, principalmente ruminantes, abrigam em seu tubo digestório bactérias que produzem celulase, enzima que digere celulose, transformando-a em carboidratos aproveitáveis: as bactérias utilizam uma parte e o animal utiliza outra. Esse é mais um exemplo de mutualismo.

Outro caso é o de protozoários que também produzem células e vivem no tubo digestório de cupins, recebendo alimento já particulado ingerido por esses insetos. Isso possibilita aos cupins o aproveitamento dos nutrientes provenientes da digestão da madeira. Esses protozoários dependem dessa associação, pois só sobrevivem no corpo dos cupins.

Outros exemplos de mutualismo são as **micorrizas**, associações entre fungos e raízes de plantas, e as **bacteriorrizas**, associações entre bactérias fixadoras de nitrogênio e raízes de plantas.

Nas micorrizas, os fungos contribuem com a absorção de nutrientes minerais do solo, beneficiando as plantas, enquanto estas fornecem nutrientes orgânicos aos fungos. Nas bacteriorrizas, as bactérias fixam o nitrogênio do ar que está entre as partículas do solo e passam para a planta, que fornece proteção e energia às bactérias.

Protocooperação

Na protocooperação, embora os participantes se beneficiem, eles podem viver de modo independente, sem a necessidade de se unir. No mutualismo, a união é obrigatória, e os indivíduos são interdependentes.

Um dos mais conhecidos exemplos de protocooperação é a associação entre a anêmona-do-mar e o paguro, um crustáceo semelhante ao caranguejo, também conhecido como bernardo-eremita ou ermitão (Fig. 5.15).

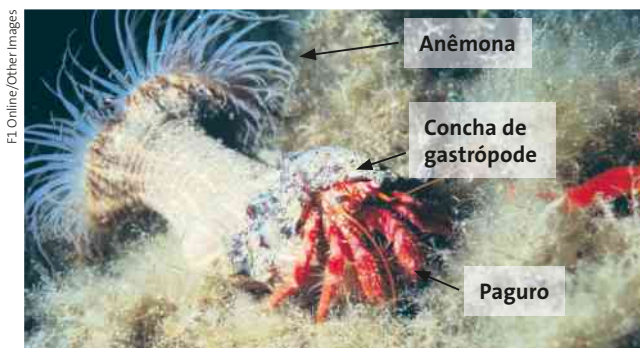


Figura 5.15. Fotografia mostrando exemplo de protocooperação: a anêmona-do-mar e o paguro. O corpo da anêmona tem cerca de 2 cm de diâmetro.

O paguro tem o abdômen mole e costuma ocupar o interior de conchas abandonadas de gastrópodes. Costuma colocar sobre a concha uma ou mais anêmonas-do-mar. Dessa união surge o benefício mútuo: a anêmona tem células urticantes, que afastam os predadores, e o paguro, ao se deslocar, possibilita que a anêmona explore melhor o espaço em busca de alimento.

Um exemplo muito comum de protocooperação pode ser observado nas pastagens brasileiras: aves que pousam sobre bois e vacas para se alimentar de carrapatos. As aves encontram alimento, e os bois livram-se dos carrapatos que os parasitam (Fig. 5.16).



Figura 5.16. Fotografia mostrando um exemplo comum de protocooperação: bovino e gavião-carrapateiro, que mede cerca de 40 cm de altura.

Comensalismo e inquilinismo

Nesses dois tipos de associação apenas um dos participantes se beneficia, sem, no entanto, causar prejuízo ao outro.

No comensalismo, a associação ocorre em função da obtenção de alimento. No inquilinismo, a associação ocorre frequentemente por proteção, abrigo ou suporte físico.

Um exemplo de comensalismo é a associação do tubarão com o peixe-piloto. Os peixes-pilotos (chamados comensais) vivem ao redor do tubarão, alimentando-se dos restos de comida que escapam da boca desse predador (Fig. 5.17).



Figura 5.17. Fotografia de tubarão cercado por peixes-pilotos: a relação ecológica que existe entre eles é o comensalismo. O peixe-piloto mede cerca de 70 cm de comprimento.

Um exemplo de inquilinismo envolve o fierásfer, um pequeno peixe que vive como um inquilino dentro do corpo do pepino-do-mar (gênero *Holothuria*). O fierásfer sai do corpo do pepino-do-mar para se alimentar e depois volta.

Nesse caso de inquilinismo, o peixe encontra proteção no corpo do pepino-do-mar, o qual, por sua vez, não recebe benefício nem sofre desvantagem.

As plantas epífitas, como as orquídeas, que usam as árvores apenas como substrato ou suporte sem parasitá-las nem prejudicá-las, são também exemplos de inquilinismo (Fig. 5.18).



Figura 5.18. Fotografia de orquídeas sobre o tronco de uma árvore. As flores medem cerca de 10 cm de diâmetro.

Interações interespecíficas desarmônicas

Amensalismo ou antibiose

Nessa relação desarmônica, indivíduos de uma população secretam substâncias que inibem ou impedem o desenvolvimento de indivíduos de populações de outras espécies. É o caso bem conhecido dos antibióticos, que, produzidos por fungos, impedem a multiplicação das bactérias.

Os antibióticos são largamente utilizados pela medicina no combate às infecções bacterianas. O mais antigo antibiótico conhecido é a penicilina, substância produzida pelo fungo *Penicillium notatum*.

Outro caso de amensalismo é o fenômeno conhecido como maré vermelha (Fig. 5.19). Sob determinadas condições ambientais, há intensa proliferação de certas espécies de organismos marinhos que produzem substâncias altamente tóxicas. Em razão do grande aumento no número de indivíduos, há formação de enormes manchas, geralmente vermelhas, no oceano. Com isso, a concentração das substâncias tóxicas aumenta e, além de impedir a proliferação de outros organismos, essas substâncias provocam grande mortalidade de animais marinhos, especialmente de vertebrados.



Figura 5.19. Fotografia aérea de uma região no litoral do Alasca, em que se nota a maré vermelha, mancha de coloração marrom-avermelhada na superfície do mar.

Predação e parasitismo

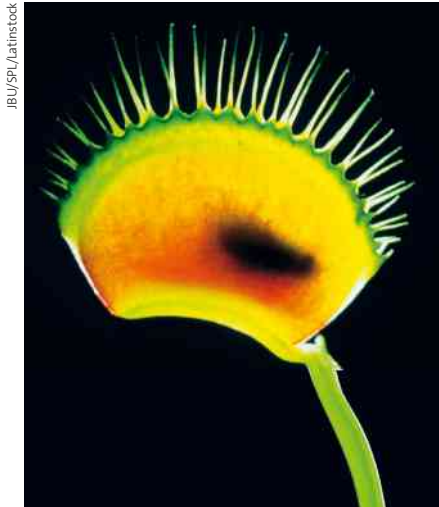
Com base no tipo de alimento ingerido, os consumidores podem ser carnívoros, herbívoros, onívoros ou detritívoros. Os detritívoros se alimentam de matéria orgânica morta (folhas caídas, fezes, carcaças). Eles não estão envolvidos em nenhuma das interações populacionais, pois não provocam efeito direto nas populações que se tornam detritos.

Considerando, agora, as interações desarmônicas interespecíficas, carnívoros, herbívoros e onívoros podem participar de dois tipos dessas interações: predação e parasitismo.

A interação é do tipo **predação** quando o consumidor mata e come outro indivíduo, suprimindo-o da população. Alguns exemplos são mais óbvios, como uma coruja comendo um rato; outros, nem tanto. Quando um pardal come uma semente, ele é um herbívoro atuando como predador, pois mata o embrião contido na semente. Outro exemplo é o do carneiro. Ele é herbívoro e atua como predador quando come uma planta, arrancando-a do solo com as raízes e, portanto, suprimindo-a da população. A ingestão de algas do fitoplâncton também é uma forma de predação.

Há casos de predação em que o predador é uma planta e a presa, um animal. As plantas carnívoras

apresentam folhas com adaptações para captura e digestão de pequenos animais, especialmente insetos (Fig. 5.20). Elas conseguem, dessa forma, nitrogênio e outros nutrientes, dependendo da espécie, mas não energia. Essas adaptações são especialmente importantes em locais em que o solo é pobre em nutrientes, nos quais essas plantas geralmente vivem.



< **Figura 5.20.** Fotografia de planta carnívora (*Dionaea muscipula*) com um inseto capturado (visto por transparência). A folha mede cerca de 3 cm de comprimento.

A interação é do tipo parasitismo quando o consumidor (parasita) retira seus alimentos orgânicos do corpo de um indivíduo vivo (hospedeiro), prejudicando-o, mas geralmente não o matando. Aí, o contato entre as partes é mais íntimo e duradouro do que na predação.

Quanto à localização no corpo do hospedeiro, os parasitas podem ser **ectoparasitas** (externos) ou **endoparasitas** (internos).

O plasmódio, protozoário que causa a malária, e a lombriga são exemplos típicos de endoparasitas. O pulgão, que se associa a uma planta e suga sua seiva orgânica, é, por sua vez, um ectoparasita.

A relação dos vírus com seus hospedeiros é um caso muito particular de parasitismo. Eles não se alimentam de seus hospedeiros, apenas os utilizam para sua reprodução, prejudicando-os. Os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios.

O parasitismo praticado por vertebrados e por plantas superiores é extremamente raro. Um caso de vertebrado parasita é a lampreia. Ela se fixa em outros vertebrados aquáticos por sua boca circular (que atua como uma autêntica ventosa) e ingere sangue do hospedeiro (Fig. 5.21).

Um exemplo típico de planta parasita da flora brasileira é o cipó-chumbo (Fig. 5.22). Ele se fixa sobre outra planta, da qual retira seiva elaborada diretamente dos vasos liberianos através de finíssimas raízes especialmente adaptadas, denominadas **haustórios**.



^ **Figura 5.21.** A lampreia, vertebrado ectoparasita, usa sua boca circular para ingerir sangue de seu hospedeiro. Mede cerca de 1 m de comprimento.



^ **Figura 5.22.** Fotografia mostrando o cipó-chumbo semelhante a fios amarelados sobre um arbusto.

É interessante lembrar que as orquídeas, ao contrário do que popularmente se acredita, não são parasitas, pois não se nutrem da planta hospedeira. Elas são inquilinas, como estudamos anteriormente, e algumas nem sequer são epífitas, pois vivem no solo. As orquídeas são autótrofas, o que não ocorre com o cipó-chumbo.

No limiar do parasitismo, situa-se a erva-de-passarinho, planta que retira seiva do xilema da hospedeira, mas que também é clorofilada e, portanto, realiza fotossíntese. É uma planta classificada como **hemiparasita**.

Quanto à utilização do recurso alimentar, os herbívoros podem atuar como parasitas (pulgões), como

predadores (pardais e carneiros) ou em uma posição intermediária entre esses tipos de interação. Para essa última situação, alguns pesquisadores preferem se referir a uma categoria distinta, a dos **comedores de partes** de plantas, caso de bois, veados, antílopes, gnus e girafas.

Competição interespecífica

A competição interespecífica ocorre quando indivíduos de duas populações de espécies diferentes, em uma mesma comunidade, apresentam nichos ecológicos iguais ou muito semelhantes. Caso um recurso do meio não seja suficiente para suprir as duas populações, é desencadeado um mecanismo de disputa pelo recurso. Esse mecanismo pode determinar o controle da densidade das duas populações que estão interagindo, a exclusão de uma delas ou ainda a especialização do nicho ecológico.

Quando duas populações de espécies diferentes ocupam o mesmo hábitat e têm exatamente o mesmo nicho, se os recursos forem escassos, uma delas é eliminada por competição. Esse é o **princípio da exclusão competitiva** ou

princípio de Gause, em homenagem ao pesquisador que o formulou, o ecólogo russo Georgy Gause (1910-1986). De acordo com esse princípio, duas espécies podem ter o mesmo hábitat, mas não podem ocupar o mesmo nicho por muito tempo, havendo exclusão de uma delas.

O princípio de Gause foi formulado em função de experimentações em laboratório com culturas de duas espécies de protozoários: *Paramecium caudatum* e *Paramecium aurelia* (Fig. 5.23). Quando populações dessas espécies eram cultivadas separadamente, porém em meios de cultura idênticos, elas cresciam até atingir determinado número de indivíduos. Não havendo alterações nas condições ideais das culturas, esse número em cada uma das populações permanecia relativamente constante ao longo do tempo. Quando as duas populações eram cultivadas no mesmo recipiente, com o mesmo tipo de meio, verificava-se crescimento de *P. aurelia*, que, aproveitando melhor o alimento fornecido, comprometia a viabilidade da população de *P. caudatum*, excluindo-a.

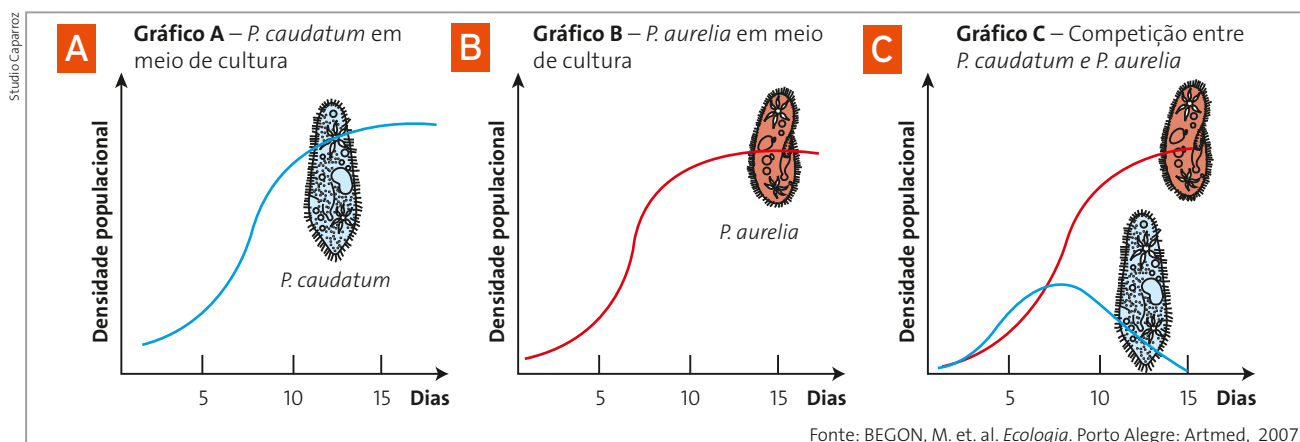


Figura 5.23. Representação esquemática de curvas de crescimento populacional de *Paramecium caudatum* e *Paramecium aurelia*. Os gráficos A e B mostram o crescimento das duas populações separadamente. No gráfico C, pode-se perceber que, quando as espécies são cultivadas no mesmo meio de cultura, *P. aurelia* exclui *P. caudatum* por competição. (Paramecíos representados em cores fantasia.)

4. Ecologia das populações

Nos ecossistemas em equilíbrio, o tamanho das populações mantém-se mais ou menos constante ao longo do tempo.

Alterações no tamanho de uma população podem determinar alterações em outras populações que com ela coexistem, provocando desequilíbrios ecológicos.

Estudaremos em seguida:

- as principais características de uma população;
- os principais fatores reguladores do tamanho das populações, fundamentais para a manutenção do equilíbrio do ecossistema.

4.1. Principais características de uma população

Densidade

A densidade corresponde ao número de indivíduos de uma população por unidade de área ou volume.

$$\text{Densidade (D)} = \frac{\text{Número de indivíduos da população (N)}}{\text{Unidade de área ou de volume (A)}}$$

Ou seja: $D = \frac{N}{A}$

O crescimento de uma população depende de dois conjuntos de fatores: um que contribui para o aumento da densidade, do qual fazem parte as taxas de natalidade e de imigração; e outro que contribui para a diminuição da densidade, formado pelas taxas de mortalidade e de emigração. O modo como esses fatores interagem determina a taxa de crescimento da população.

A taxa de natalidade (**TN**) corresponde à velocidade com que novos indivíduos são adicionados à população por meio da reprodução.

A taxa de mortalidade (**TM**) corresponde à velocidade com que indivíduos são eliminados da população por morte.

Em ambas as taxas, o fator tempo é essencial.

Em populações naturais, a taxa de mortalidade geralmente é mais ou menos proporcional à taxa de natalidade. Uma população de ostras, por exemplo, produz milhares de ovos em cada estação reprodutiva, mas apenas alguns deles formam indivíduos que atingem a idade adulta ou reprodutiva. Nos grandes mamíferos, entretanto, a taxa de natalidade é menor do que a verificada em populações de ostras, mas a taxa de mortalidade também é menor.

Quando a taxa de natalidade é maior que a de mortalidade, a população tende a crescer; quando a taxa de mortalidade é mais alta do que a de natalidade, a população tende a diminuir.

Em países desenvolvidos, a taxa de natalidade e a taxa de mortalidade da espécie humana se aproximam.

A taxa de imigração (**TI**) e a taxa de emigração (**TE**) correspondem, respectivamente, ao número de indivíduos que entram em uma população e ao número dos que dela saem, por unidade de tempo. Esses dois mecanismos constituem a dispersão ou migração.

Isoladamente, cada uma dessas taxas diz pouco sobre o crescimento da população. A taxa de crescimento (**TC**) é definida do seguinte modo:

$$TC = (TN + TI) - (TM + TE)$$

Potencial biótico e resistência ambiental

O **potencial biótico** de uma população corresponde à sua capacidade potencial para aumentar, por reprodução, seu número de indivíduos em condições ideais, isto é, sem fatores que impeçam esse aumento.

Os seres vivos sempre originam um número muito maior de descendentes do que o próprio meio comporta. Quando Darwin formulou sua teoria da seleção natural, utilizou essa observação da natureza como um de seus argumentos. Em seu livro *A origem das espécies*, Darwin escreveu:

“Não há exceção à regra de que todo ser orgânico cresce numa taxa tão alta que, se não destruído, a Terra seria rapidamente coberta pelos descendentes de um único casal”.

Para ilustrar esse exemplo, ele cita os elefantes:

“O elefante é tido como o reprodutor mais lento de todos os animais conhecidos, e eu sofri um pouco para estimar sua provável taxa mínima de crescimento natural: será mais seguro assumir que ele começa a reprodução aos 30 anos de idade e segue reproduzindo-se até os 90 anos, trazendo à luz seis filhotes nesse período, e sobrevivendo até os 100 anos de idade; se isso é assim, após um período de 740 a 750 anos, haveria aproximadamente 19 milhões de elefantes vivos, descendentes do primeiro casal”.

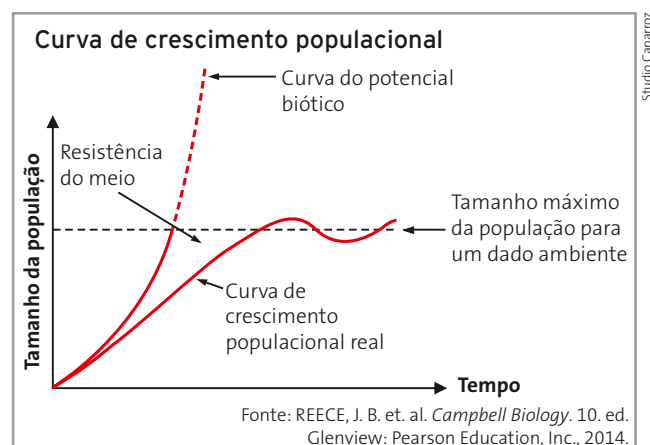
Um exemplo mais dramático é o de algumas bactérias que se dividem a cada 20 minutos. Nesse ritmo, se nada impedisse seu aumento numérico, a partir de uma única bactéria, em 36 horas a superfície terrestre estaria totalmente recoberta por uma camada contínua desses organismos.

Entretanto, verifica-se na natureza que o tamanho (densidade) das populações em comunidades estáveis permanece relativamente constante. Isso se deve a um conjunto de fatores que se opõem ao potencial biótico, reduzindo-o. Esse conjunto é denominado **resistência ambiental**, que é tanto maior quanto maior for o tamanho da população.

Os principais fatores de resistência ambiental são os fatores reguladores da densidade das populações.

Para determinar a resistência ambiental, calculamos a diferença entre a taxa teórica de crescimento de uma população sob condições ideais (potencial biótico) e a taxa real observada na natureza.

Colocando esses dados em um gráfico, obtemos uma **curva de crescimento populacional**, como a representada a seguir (Fig. 5.24):



▲ **Figura 5.24.** Gráfico do crescimento populacional em função do tempo.

Quando uma população inicia a colonização de um ambiente propício a seu desenvolvimento, verifica-se que o crescimento inicial é lento, pois há poucos indivíduos, e consequentemente a taxa de natalidade é baixa. À medida que aumenta o número de organismos, a taxa de natalidade também se eleva. Com isso, a velocidade de crescimento da população aumenta. Se não existissem fatores de resistência do meio, o crescimento da população seria exponencial, representando seu potencial biótico. No entanto, à medida que a população cresce, a resistência ambiental aumenta, reduzindo o crescimento populacional. Isso ocorre até que se estabeleça um equilíbrio entre a resistência ambiental e a tendência de crescimento da população. A partir de então, temos uma população cujo tamanho é máximo para aquele ambiente. Nessa situação a população terá atingido a **capacidade de suporte** do meio. No entanto, podem ocorrer pequenas oscilações em torno desse tamanho máximo ao longo do tempo.

Assim, a conservação, a redução ou o aumento do número de indivíduos de uma população depende da combinação de dois componentes opostos: a resistência do meio e o potencial biótico.

Quando se estabelece equilíbrio entre esses dois componentes, a população mantém-se relativamente estável. Ocorrendo quebra nesse equilíbrio, por aumento ou diminuição da resistência do meio, a população tende a sofrer de início, respectivamente, redução ou acréscimo numérico.

É interessante notar que o aumento populacional acaba por levar ao aumento da resistência do meio e à consequente redução populacional. É o que se observa, por exemplo, quando começa a faltar alimento em função do crescimento populacional exagerado.

Fatos como esses mostram que as relações desarmônicas entre os seres vivos, que representam resistência do meio para as espécies prejudicadas, não são desarmônicas em relação ao ecossistema, pois participam da manutenção do equilíbrio ecológico. O predatismo, por exemplo, que representa resistência do meio à espécie predada, beneficia o ecossistema e indiretamente favorece a própria espécie atingida por ele. Se os herbívoros não fossem caçados pelos carnívoros, por exemplo, provavelmente devastariam a vegetação e morreriam de fome.

Nos últimos séculos, principalmente a partir da Revolução Industrial, a população humana entrou em crescimento exponencial (Fig. 5.25), devido ao desenvolvimento tecnológico e científico, que redu-

ziu sensivelmente a resistência ambiental. O economista inglês Thomas Malthus já previa escassez futura de alimento, afirmando que, enquanto a população humana cresce em progressão geométrica, a produção de alimento cresce em progressão aritmética, não havendo, assim, alimento suficiente para todos.

Os efeitos da falta de alimento e os de outras alterações ambientais provocadas pelo ser humano podem tornar-se tão graves que a própria existência humana poderá ficar comprometida. Assim, a humanidade corre sérios riscos de enfrentar, no futuro, uma forte resistência ambiental com graves efeitos.

Isso não significa que devemos ser contra o desenvolvimento tecnológico e científico. Muito pelo contrário. O que precisamos é continuar tendo consciência da importância do planejamento familiar e do respeito ao meio ambiente.

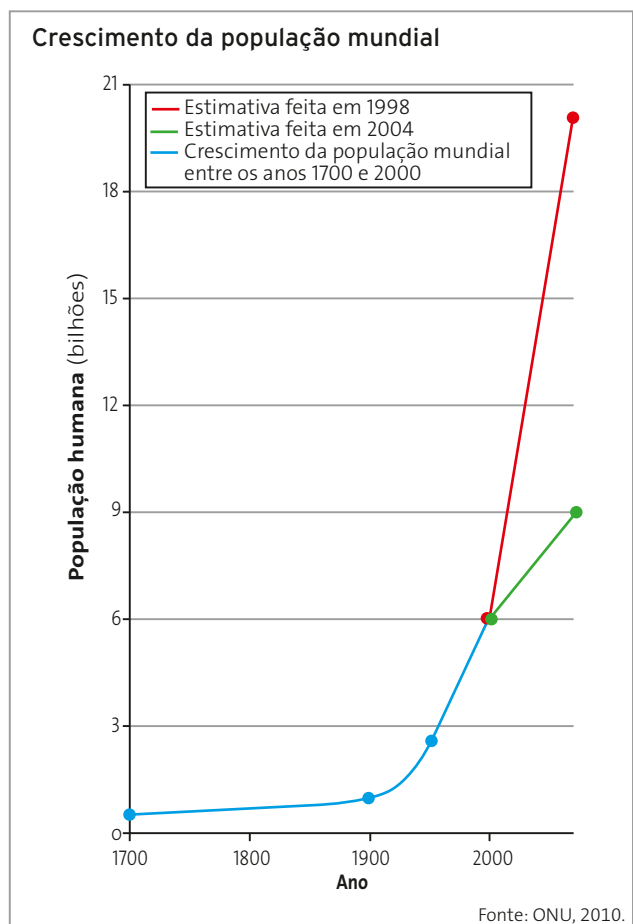


Figura 5.25. O gráfico mostra o crescimento da população humana mundial desde 1700 até 2000. Desse ano em diante, são apresentadas duas projeções feitas pela Organização das Nações Unidas (ONU), uma de 1998 e a outra de 2004. Note que a projeção de 1998 era mais pessimista, pois considerava que o crescimento exponencial continuaria.

Estrutura etária

A estrutura etária de uma população refere-se à proporção de indivíduos nas várias faixas etárias.

Populações em crescimento têm muitos indivíduos jovens, enquanto populações estáveis apresentam maior equilíbrio entre o número de jovens e o de adultos. Populações em declínio apresentam menor proporção de jovens em relação às demais faixas etárias.

Esses dados podem ser apresentados em gráficos e neles podemos especificar para cada faixa etária a porcentagem de representantes dos sexos feminino e masculino. Observe nos gráficos (Fig. 5.26) que, nos Estados Unidos da América, por exemplo, os indivíduos se distribuem mais uniformemente entre as faixas etárias do que no Senegal.

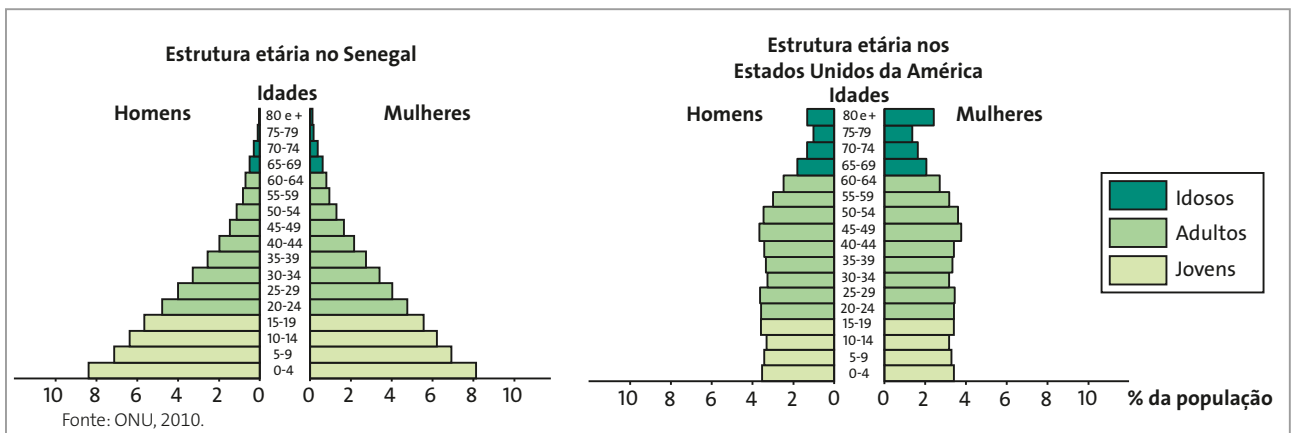


Figura 5.26. Gráficos da estrutura etária das populações do Senegal e dos Estados Unidos da América.

A estrutura etária da população brasileira pode ser encontrada no *site* do IBGE, em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2008/piramide/piramide.shtm>, acesso em: mar. 2016.

4.2. Fatores reguladores do tamanho da população

Embora os fatores abióticos, como a temperatura e a umidade do ar, sejam importantes, vamos deter nossa atenção apenas nos fatores bióticos, entre os quais destacamos os quatro principais: competição intraespecífica, competição interespecífica, predação e parasitismo.

Competição intraespecífica

A competição intraespecífica determina, basicamente, a densidade da população em certo local. Um exemplo desse tipo de competição é a **territorialidade**, ou seja, disputa por espaço.

A delimitação de um território, ou seja, de um espaço defendido em que indivíduos passam a agir sem a interferência de outros indivíduos dessa população, é um comportamento bem conhecido de muitas espécies de peixes, aves e mamíferos.

Uma forma interessante de territorialidade é a delimitação, por um macho, de um espaço que é defendido por ele contra outros machos da mesma população. Entretanto, nem todos os machos da população conseguem estabelecer o seu território. Assim, os que conseguem isso têm maior probabilidade de atrair fêmeas e se reproduzir (Fig. 5.27)

A territorialidade ajuda, portanto, a evitar a superpopulação, pois determina um espaço mínimo por casal ou por grupo de indivíduos.



Figura 5.27. Os leões-marinhos costumam constituir verdadeiros haréns. Para isso, o macho conquista, delimita e defende um território para o qual arrebanha as fêmeas. No início da organização do harém, os machos lutam entre si pela posse das fêmeas. O vitorioso, geralmente maior e mais forte, torna-se senhor do harém. Essa fotografia mostra um macho (ao fundo) e duas fêmeas de seu harém. Um macho chega a medir 2,4 m de comprimento.

Competição interespecífica

Anteriormente neste capítulo, comentamos que a competição interespecífica exerce influência sobre a densidade de duas populações com nichos ecológicos muito parecidos. Essa interação pode resultar na especialização do nicho ecológico de uma das populações ou mesmo na sua extinção. Nesse último caso, verifica-se o princípio da exclusão competitiva ou princípio de Gause. Como já vimos, de acordo com esse princípio, duas espécies podem ter o mesmo hábitat, mas não podem ocupar exatamente o mesmo nicho por muito tempo, havendo exclusão de uma delas.

Predação

A relação entre predador e presa em comunidades estáveis ajuda a estabelecer o equilíbrio entre as populações envolvidas. A população de predadores pode determinar a densidade da população de presas e vice-versa.

Um exemplo clássico de equilíbrio dinâmico de população de presas e respectivos predadores é dado pelas lebres e pelos linces que vivem nas regiões frias do Canadá. A Companhia da Baía de Hudson registrou, de 1845 a 1935, a quantidade de peles desses animais que eram caçados. Observe os dados no gráfico a seguir (Fig. 5.28).

Admitindo-se que o número de animais caçados é proporcional ao tamanho de suas respectivas populações, é possível fazer algumas observações interessantes. À medida que aumenta o número de lebres, aumenta o número de linces, que passam a ter mais alimento. O aumento do número de linces reduz a quantidade de lebres, pois elas serão mais predadas. Quando a população de lebres diminui, a população de linces também diminui, pois há menos alimento disponível. Havendo menos linces, menor número de lebres é predado e essa população aumenta, recomeçando o ciclo. A situação pode tornar-se mais complexa se houver influência de variações na disponibilidade de alimento das presas.

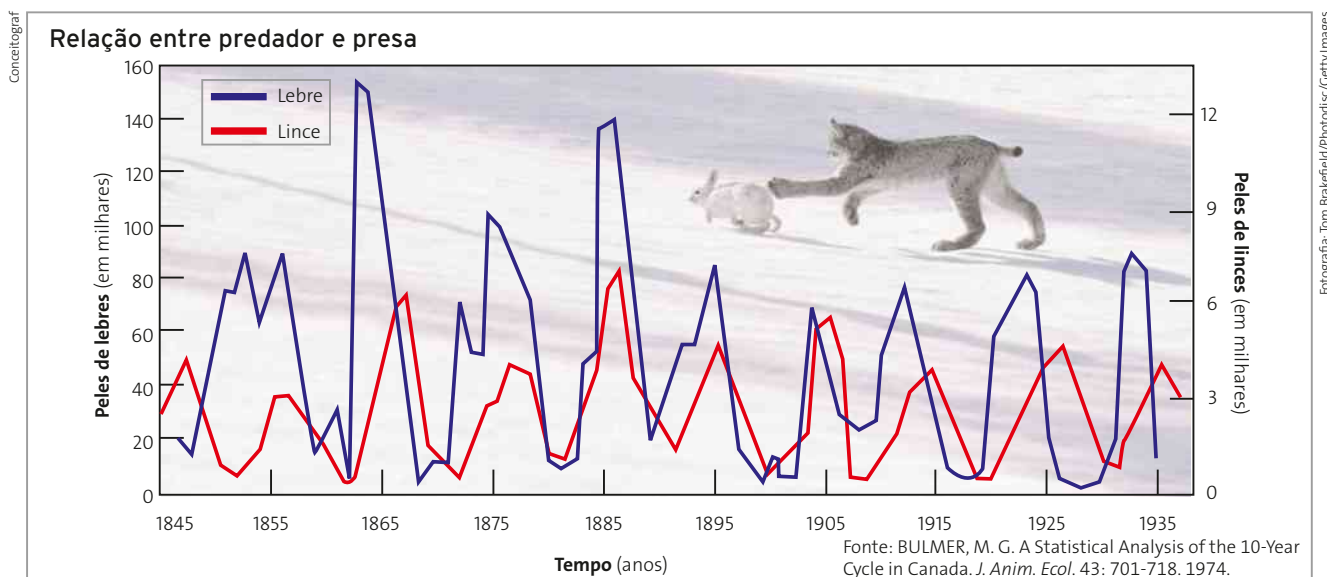


Figura 5.28. Gráfico relacionando as variações no tamanho das populações de lebres e linces em uma região do Canadá ao longo de 90 anos. Na fotografia, vemos um lince capturando uma lebre, que mede cerca de 40 cm de comprimento.



Colocando em foco

GRANDES PREDADORES INIBEM DEVASTAÇÃO DO ECOSISTEMA

Poucas coisas inspiram tanto medo na floresta quanto o uivo de um lobo. Soa como um alarme para que alces, veados e bisões busquem refúgio. E sua presença é mesmo imprescindível para garantir a integridade do ecossistema, segundo um estudo publicado [...] na revista *Nature Communications*. Nele, pesquisadores da Universidade de Ontário Ocidental, no Canadá, mostram como o medo despertado por estas espécies inibe a devastação causada por suas presas à vegetação e ao mar, impedindo o desequilíbrio da cadeia alimentar.

Os autores da pesquisa perceberam como a caça promovida pelos guaxinins está contribuindo para o sumiço de aves canoras, caranguejos e algumas espécies de peixes nas ilhas da Colúmbia Britânica, no Canadá. Seu comportamento atrevido é motivado pela ausência de grandes carnívoros, já que lobos e pumas foram dizimados na região há mais de 70 anos.

Para inibir os guaxinins, os cientistas espalharam pelas ilhas alto-falantes com o som dos antigos predadores — alguns comuns, outros raivosos. Foi o suficiente para que os “soberanos” locais diminuíssem significativamente o seu tempo de caça e passeio a céu aberto. O medo repercutiu no ecossistema. As populações de peixes, agora menos perseguidas, voltaram a crescer.

Os seres humanos aniquilaram grandes carnívoros em parte do planeta, levando a consequências ecológicas que somente agora começamos a entender — destaca Justin Suraci, pesquisador canadense e coautor do estudo. [...] Estas espécies diminuem significativamente a diversidade e abundância das plantas e animais que consomem, porque não existe mais aquela criatura maior que os mantinha sob controle.

Suraci revela que a inspiração para sua pesquisa veio de um projeto de reintrodução de lobos no parque americano de Yellowstone, em 1995. [...] [Fig. 5.29]. Ao perceber o estado miserável dos campos da região, a baixa estatura da floresta e o desaparecimento de diversas espécies, os administradores da unidade de conservação enviaram matilhas de lobos para conter a ampla população de alces. Estes herbívoros passaram a evitar locais onde estariam mais expostos, como os vales, possibilitando a regeneração destas áreas. Em alguns trechos, o tamanho das árvores quintuplicou em apenas seis anos, atraindo aves e castores, famosos por criar “represas” em rios, que se transformam em habitat para outros animais, como os patos e diversos anfíbios e répteis. Os ursos apareceram para aproveitarem a carne dos coiotes mortos por lobos. Livres dos antigos predadores, coelhos e ratos saíram da toca, chamando a atenção de águias e raposas.

O solo, agora menos explorado pelos alces, recuperou força e realçou o formato dos rios, que antes pareciam mais divididos e com aparência de fileiras dispersas. A floresta recomposta protegeu as nascentes e cabeceiras.

Comprovamos o projeto de Yellowstone: ao restaurar o medo aos predadores do topo da cadeia alimentar, suas presas vão se alimentar menos, o que beneficia todas as outras espécies — assinala Suraci. [...]

GRANDELLE, Renato. Grandes predadores inibem devastação do ecossistema. *O Globo*. Disponível em: <<http://oglobo.globo.com/sociedade/sustentabilidade/grandes-predadores-inibem-devastacao-do-ecossistema-18735300>>. Acesso em: mar. 2016.



Universal Images Group/Diomedea

Figura 5.29. Os lobos (*Canis lupus*), como o mostrado na fotografia, foram reintroduzidos no Parque Nacional de Yellowstone em 1995 e provocaram diversas mudanças nas populações de outras espécies. Medem cerca de 1,3 m de altura.

Parasitismo

Os parasitas são, via de regra, mais específicos que os predadores na obtenção de alimento. Enquanto os predadores podem procurar várias outras fontes de alimento quando uma população de presas é reduzida, os parasitas geralmente se instalam apenas em uma ou em algumas espécies.

Essa característica é importante para os estudos feitos atualmente sobre o controle biológico de pragas. O controle por meio de parasitas parece mais adequado, por ser específico. Já um predador empregado como agente controlador pode utilizar-se de outro recurso, provocando alterações nas redes alimentares. É o que aconteceu, por exemplo, com pardais originários da Inglaterra que foram introduzidos em Nova York para controlar uma espécie de lagarta. Como os pardais encontraram vários outros alimentos além dessa espécie de lagarta, espalharam-se pelos Estados Unidos tornando-se praga em alguns lugares.

Outro exemplo é o uso da joaninha *Harmonia axyridis* (Fig 5.30) no controle biológico de insetos parasitas de plantas, conhecidos como pulgões e cochonilhas.

Essa espécie é nativa da Ásia Central e, por ser altamente voraz, foi introduzida em vários países, inclusive no Brasil. Essa joaninha tem a capacidade de colonizar rapidamente grandes áreas e, depois de algum tempo, tornar-se predominante na comunidade, competindo com as espécies nativas de joaninhas, que têm sua população reduzida.

Uma vez estabelecida, a *Harmonia axyridis* dificilmente é erradicada. Portanto, ainda são necessários estudos para se verificar em que situações essa espécie de joaninha poderá ser utilizada como potencial agente de controle biológico e indicar diretrizes para a redução de seus efeitos negativos.

Figura 5.30. A joaninha *Harmonia axyridis* compete por recursos com as espécies de joaninhas nativas do Brasil. Mede cerca de 0,5 cm de comprimento. >



Haroldo Falor Jr.



USO DE PARASITAS E PARASITOIDES NO CONTROLE BIOLÓGICO

O controle biológico surgiu na década de 1960 como uma alternativa ao uso de agrotóxicos contra diversas pragas, como insetos, ácaros e fungos, em diferentes culturas. Os agentes mais empregados são insetos, ácaros, nematoides, fungos, vírus e bactérias.

No Brasil, alguns dos agentes mais empregados estão na tabela a seguir:

Agente	Praga	Cultura
<i>Cotesia flavipes</i> (vespa)	Broca-da-cana	Cana-de-açúcar
<i>Neoseiulus barkeri</i> (ácaro)	Ácaro-branco e tripses	Hortaliças e fruteiras
<i>Neoseiulus californicus</i> (ácaro)	Ácaro-rajado	Hortaliças e fruteiras
<i>Deladenus siricidicola</i> (verme)	Vespa da madeira	Floresta de pinheiros
<i>Trichoderma harzianum</i> (fungo)	Mofo branco	Soja
<i>Metarhizium anisopliae</i> (fungo)	Cigarrinhas	Cana-de-açúcar
<i>Orius insidiosus</i> (besouro)	Tripses	Hortaliças e fruteiras

Fonte dos dados: VASCONCELOS, Y. Inseto contra inseto. *Revista Pesquisa Fapesp*, 194, maio, 2012. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/05/Pesquisa_195-26.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

Os agentes que controlam essas pragas atuam basicamente como parasitas. Porém, há insetos que atuam como **parasitoides**. Nesses casos, os insetos colocam seus ovos no corpo ou nos ovos de outras espécies. Os ovos desses parasitoides desenvolvem-se e matam seus hospedeiros.

É o caso da vespa *Trichogramma galloi* (Fig. 5.31), que inocula seus próprios ovos nos ovos da mariposa conhecida como broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*). Os ovos da vespa desenvolvem-se, mas os da mariposa não. Em sua forma adulta, a broca é uma mariposa de hábitos noturnos, de cor amarelo-palha (Fig. 5.32) e as fêmeas colocam os ovos nas folhas. É nesse momento que a vespa inocula seus próprios ovos, impedindo o desenvolvimento da lagarta, que é a forma larval da mariposa. São essas lagartas que penetram na cana-de-açúcar, parasitando a planta.

Outro exemplo de parasitoide utilizado como agente regulador de pragas na cultura da cana-de-açúcar é a vespa *Cotesia flavipes*, que também atua contra a broca-da-cana. Essa vespa põe seus ovos diretamente no corpo da lagarta.



Heraldo Negri

^ **Figura 5.31.** Vespa da espécie *Trichogramma galloi* fazendo oviposição nos ovos da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*). Mede cerca de 0,5 cm de comprimento.



Photo Researchers/
Getty Images

^ **Figura 5.32.** Indivíduo adulto da broca-da-cana (*Diatraea saccharalis*). Mede de 2 cm a 3 cm de envergadura.



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO



Um exemplo real de desequilíbrio ecológico

Na década de 1960, a Organização Mundial da Saúde (OMS) aplicou, por via aérea, verdadeiras nuvens de DDT em extensas áreas da Ilha de Bornéu, localizada no Oceano Pacífico. Com isso, a OMS visava combater os pernilongos que transmitiam a malária, um sério problema de saúde no local.

Inicialmente, os resultados esperados foram alcançados: como os transmissores foram combatidos, houve grande redução no número de casos de malária.

Algum tempo depois, entretanto, dois grandes problemas começaram a surgir na Ilha de Bornéu: houve um surto de ratos, e as casas dos nativos, que eram construídas com palha de coqueiro, começaram a cair.

Depois de muitas investigações, foi constatado que esses problemas estavam relacionados com a aplicação do DDT. Esse inseticida, além de matar os pernilongos, também afetava outros insetos, como abelhas, besouros e baratas. Os que não chegavam a morrer ficavam contaminados pelo DDT e com menor possibilidade de fugir de seus predadores: os lagartos. Ao ingerirem suas presas, os lagartos ficavam contaminados, pois o DDT tem a propriedade de se acumular nos tecidos e ao longo das cadeias alimentares. Esses lagartos ficavam mais

lentos, tornando-se presas fáceis dos gatos, seus predadores. Ao ingerirem os lagartos contaminados, os gatos acabavam morrendo. Com a morte dos gatos, a população de ratos começou a aumentar, pois a quantidade de seus predadores havia diminuído. Instalou-se assim a praga de ratos na ilha, o que fez com que a OMS introduzisse gatos de outros locais para o controle dos ratos.

Ao mesmo tempo, com a redução do número de lagartos, começou a haver a proliferação de outro inseto que era comido pelo lagarto: uma espécie de barata que se alimenta principalmente de palha de coqueiro. As casas dos nativos, construídas com essa palha, começaram a cair, pois as baratas proliferaram excessivamente sem o seu predador. Para resolver esse problema, a OMS precisou levar para a Ilha de Bornéu um tipo de lagarto que controlasse a população desses insetos.

O equilíbrio, enfim, foi restabelecido.

Quem poderia imaginar que uma ação para combater a malária pudesse provocar o surto de ratos e a queda das casas?

O desequilíbrio ecológico pode acarretar o aumento de populações, como a de ratos. >



Thinkstock/Getty Images

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Esse caso é apenas mais um exemplo do que pode ocorrer pela falta de cuidado no manejo do meio ambiente. Represente por meio de um esquema as relações entre os fatos comentados no texto e discuta seu trabalho com os colegas de classe com a coordenação do(a) professor(a).
2. Faça uma pesquisa a respeito de casos de desequilíbrio ecológico no Brasil. Aparecerão muitas situações diferentes em várias regiões do país. Procure identificar um caso que ocorra na cidade onde você mora ou nas proximidades e elabore um texto descritivo explicando como faria para evitá-lo, caso fosse o(a) prefeito(a). Discuta o texto produzido em sala de aula, em um dia organizado pelo(a) professor(a). Escute com atenção as apresentações dos colegas e proponha ideias quando achar adequado.



Retomando

Como você viu, os seres vivos interagem entre si de inúmeras maneiras, direta ou indiretamente, influenciando a dinâmica das populações, das comunidades e dos ecossistemas. Retorne às questões da seção **Pense nisso** e tente reescrever as suas respostas, adicionando o que aprendeu com o estudo deste capítulo. O que mantém a densidade de uma população praticamente estável? O que pode perturbar esse equilíbrio?



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO

Atividade 1 Estrutura etária de uma população Habilidade do Enem: H17.

Nesta atividade você vai construir duas pirâmides etárias, uma para um país em desenvolvimento e outra para um país desenvolvido. Para isso, estude no texto deste capítulo como se constroem gráficos desse tipo.

a) Com base na tabela a seguir, construa as pirâmides etárias dos dois países.

Faixa etária (anos)	País em desenvolvimento		País desenvolvido	
	Homens	Mulheres	Homens	Mulheres
0-4	10	9	4	4
5-9	7	7	4	4
10-14	6	5	4	4
15-19	4	4	4	4
20-24	3	4	3	3
25-29	3	4	3	3
30-34	4	3	2	3
35-39	3	3	4	4
40-44	2	3	3	3
45-49	2	2	4	4
50-54	2	2	3	3
55-59	1	2	3	3
60-64	1	1	3	3
65-69	1	1	2	2
70-74	1	0	2	2
75-79	0	0	1	1
80-84	0	0	0	1
85+	0	0	0	0

*Dados elaborados pelos autores.

b) Como pode ser explicada a diferença na forma das duas pirâmides?

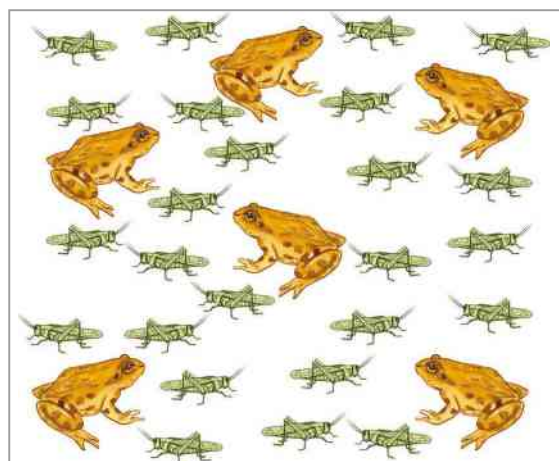
c) Como seria a pirâmide etária referente a um país com população em declínio?

Atividade 2 Fatores que determinam variações do tamanho populacional Habilidades do Enem: H9, H15, H17.

A figura ao lado representa uma área de 60 m², na qual vamos considerar duas populações: gafanhotos e sapos.

O estudo do tamanho das populações ao longo do tempo (dinâmica populacional) é essencialmente uma aplicação da Matemática: taxas e funções estão entre os conceitos usados. Esse tipo de abordagem também é usado em Física, quando são trabalhados espaço, tempo, velocidade e aceleração, nos estudos de Cinemática.

- Qual é o tamanho de cada população? E a densidade populacional de cada espécie?
- Suponha que não ocorram imigração, emigração e nascimentos, mas apenas mortes por predação. Se cada sapo comer um gafanhoto a cada 5 dias, qual será a densidade populacional de gafanhotos no final de 10 dias?



Esquema representando uma população de sapos e uma de gafanhotos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Osni de Oliveira

- c) Nas condições do item anterior, qual seria a taxa de mortalidade (em indivíduos por dia)? Quanto tempo levaria para a população de gafanhotos se extinguir?
- d) Imagine outra situação: a mesma taxa de mortalidade, mas introduzindo a imigração de dois gafanhotos por dia. Nesse caso, você diria que a população irá se extinguir ou crescer? Justifique. Qual seria o ritmo de variação do tamanho da população de gafanhotos (em indivíduos por dia)?
- e) Supondo que o ambiente onde estão esses animais só consiga manter uma população de 50 gafanhotos e que, uma vez atingido esse número, cesse a imigração, em quantos dias o tamanho da população irá se estabilizar em torno de 50 indivíduos?

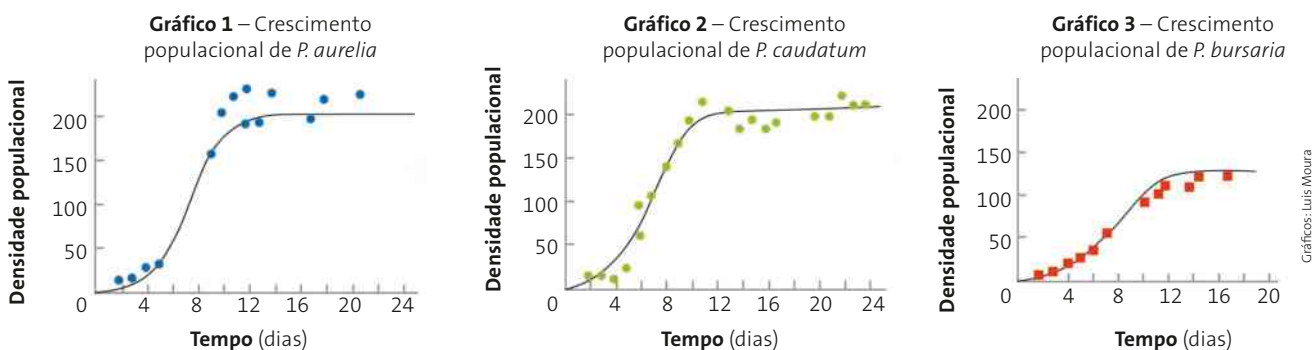
Habilidades do Enem: H14, H15, H16, H19, H28, H29.

Atividade 3 Reconhecendo tipos de interação a partir de gráficos de crescimento populacional

Nesta atividade, vamos trabalhar com gráficos que representam a variação do tamanho de populações de espécies envolvidas em interações bióticas.

São apresentados a seguir gráficos referentes a populações de três espécies de protozoários ciliados de água doce, todas do gênero *Paramecium*: *P. aurelia*, *P. caudatum* e *P. bursaria*, mantidas em diversas condições. Sabe-se que as populações crescem até atingir a capacidade de suporte do ambiente, que é o número máximo de indivíduos de cada população que o ambiente pode suportar. Por esse motivo, muitas populações vão desacelerando seu crescimento até estabilizarem seu tamanho na medida em que a capacidade de suporte vai sendo atingida. Em alguns casos, uma vez atingido o limite, a população pode declinar até quase a extinção.

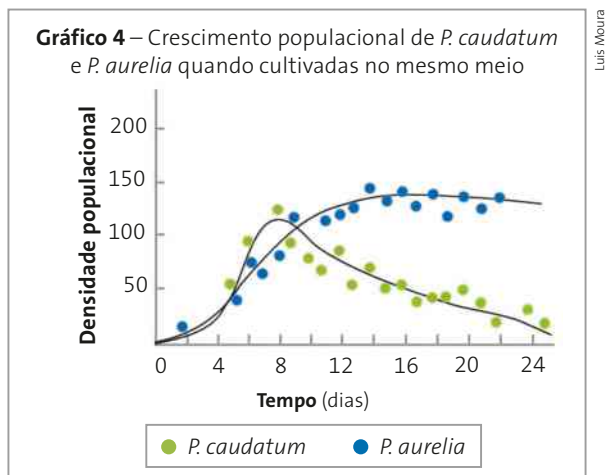
Analise os gráficos 1 a 3 e responda às questões:



Gráficos de crescimento populacional em paramécios.

Fonte: BEGON et al. *Ecology*. 3. ed. 1996.

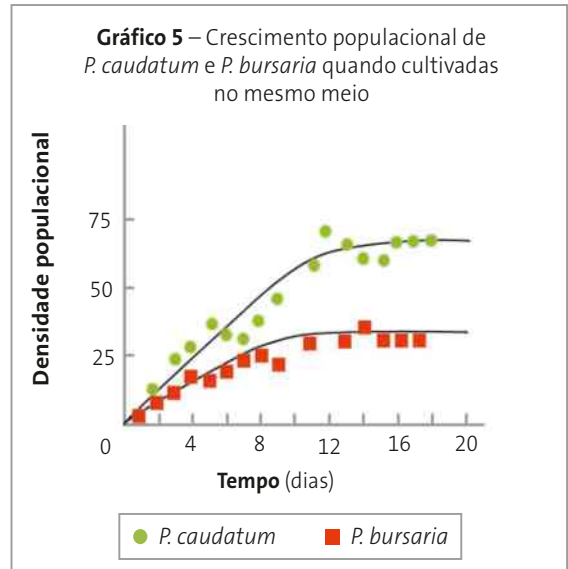
- a) Os gráficos apresentados referem-se ao crescimento das populações das três espécies de paramécios quando cultivadas em separado. Qual é, aproximadamente, a capacidade de suporte do meio para as culturas dessas espécies (em número de indivíduos)?
- b) Além da diferença nos tamanhos máximos das populações, também há uma diferença nas taxas de crescimento. Qual é a espécie com menor taxa de crescimento? Que característica da curva você observou para chegar a essa conclusão?
- c) Agora, observe o gráfico 4, que descreve as variações de tamanho populacional de *P. caudatum* e *P. aurelia* cultivadas juntas, no mesmo meio. Alguma das populações atinge o tamanho que atingiria se estivesse separada da outra? Como você explicaria isso em termos da capacidade de suporte? Que tipo de interação interespecífica você acha que acontece entre as duas espécies? Justifique.



Fonte: BEGON et al. *Ecology*. 3. ed. 1996.

Crescimento populacional em *P. caudatum* e *P. aurelia*.

- d) Descreva o que acontece com as duas populações, ao longo do tempo, no experimento representado pelo gráfico 4. Qual é o princípio ecológico que está sendo evidenciado nesse caso?
- e) Das duas espécies mencionadas no item c, qual você consideraria como competidor mais forte? Justifique.
- f) Qual tipo de interação revela o gráfico 5? Justifique.
- g) Sabendo que *P. caudatum* se alimenta de bactérias em suspensão no meio líquido, enquanto *P. bursaria* come células de levedo no fundo do recipiente de cultura, que hipótese você levantaria para explicar a coexistência das duas espécies em um meio com os dois tipos de alimento, aparentemente contrariando o princípio da exclusão?



▲ Crescimento populacional em *P. caudatum* e *P. bursaria*.

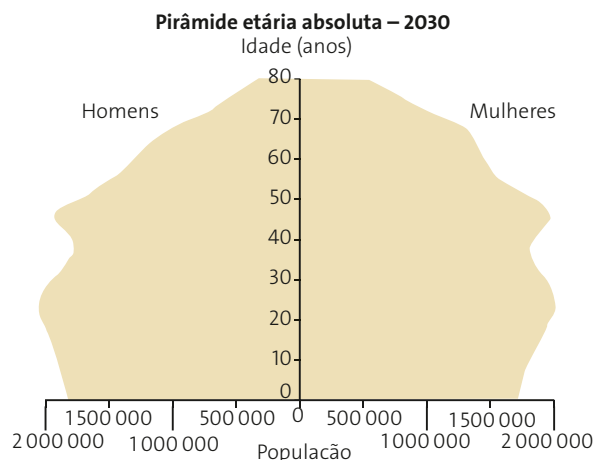
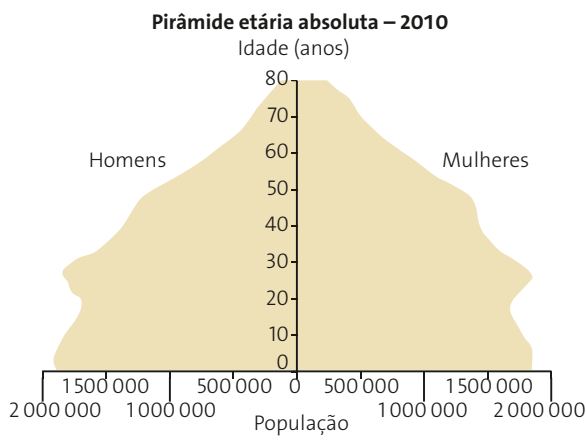
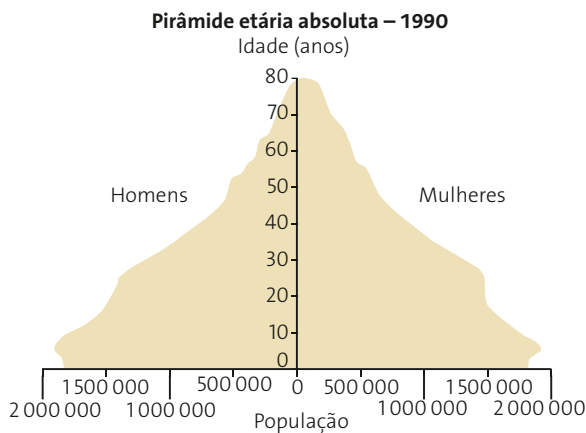


Testes

REGISTRE
NO CADERNO



(Enem) Os gráficos abaixo, extraídos do site do IBGE, apresentam a distribuição da população brasileira por sexo e faixa etária no ano de 1990 e projeções dessa população para 2010 e 2030.



1. A partir da comparação da pirâmide etária relativa a 1990 com as projeções para 2030 e considerando-se os processos de formação socioeconômica da população brasileira, é correto afirmar que:
 - a) a expectativa de vida do brasileiro tende a aumentar na medida em que melhoram as condições de vida da população.
 - b) a população do país tende a diminuir na medida em que a taxa de mortalidade diminui.
 - c) a taxa de mortalidade infantil tende a aumentar na medida em que aumenta o índice de desenvolvimento humano.

d) a necessidade de investimentos no setor de saúde tende a diminuir na medida em que aumenta a população idosa.

e) o nível de instrução da população tende a diminuir na medida em que diminui a população.

2. Se for confirmada a tendência apresentada nos gráficos relativos à pirâmide etária, em 2050,

a) a população brasileira com 80 anos de idade será composta por mais homens que mulheres.

b) a maioria da população brasileira terá menos de 25 anos de idade.

c) a população brasileira do sexo feminino será inferior a 2 milhões.

x d) a população brasileira com mais de 40 anos de idade será maior que em 2030.

e) a população brasileira será inferior à população de 2010.

3. Se forem confirmadas as projeções apresentadas, a população brasileira com até 80 anos de idade será, em 2030,

a) menor que 170 milhões de habitantes.

b) maior que 170 milhões e menor que 210 milhões de habitantes.

xc) maior que 210 milhões e menor que 290 milhões de habitantes.

d) maior que 290 milhões e menor que 370 milhões de habitantes.

e) maior que 370 milhões de habitantes.

4. (Enem) “Um estudo recente feito no Pantanal dá uma boa ideia de como o equilíbrio entre as espécies, na natureza, é um verdadeiro quebra-cabeça. As peças do quebra-cabeça são o tucano-toco, a arara-azul e o manduvi. O tucano-toco é o único pássaro que consegue abrir o fruto e engolir a semente do manduvi, sendo, assim, o principal dispersor de suas sementes. O manduvi, por sua vez, é uma das poucas árvores onde as araras-azuis fazem seus ninhos. Até aqui, tudo parece bem encaixado, mas... é justamente o tucano-toco o maior predador de ovos de arara-azul — mais da metade dos ovos das araras são predados pelos tucanos. Então, ficamos na seguinte encruzilhada: se não há tucanos-toco, os manduvis se extinguem, pois não há dispersão de suas sementes e não surgem novos manduvinhos, e isso afeta as araras-azuis, que não têm onde fazer seus ninhos. Se, por outro lado, há muitos tucanos-toco, eles dispersam as

sementes dos manduvis, e as araras-azuis têm muito lugar para fazer seus ninhos, mas seus ovos são muito predados.”

Fonte: <<http://oglobo.globo.com>>.

De acordo com a situação descrita,

a) o manduvi depende diretamente tanto do tucano-toco como da arara-azul para sua sobrevivência.

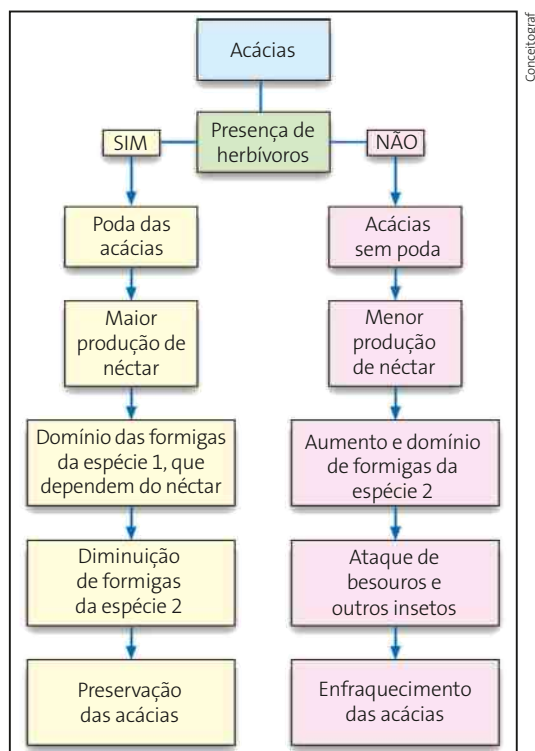
b) o tucano-toco, depois de engolir sementes de manduvi, digere-as e torna-as inviáveis.

c) a conservação da arara-azul exige a redução da população de manduvis e o aumento da população de tucanos-toco.

x d) a conservação das araras-azuis depende também da conservação dos tucanos-toco, apesar de estes serem predadores daquelas.

e) a derrubada de manduvis em decorrência do desmatamento diminui a disponibilidade de locais para os tucanos fazerem seus ninhos.

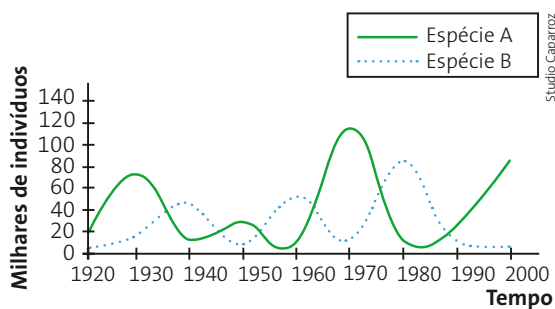
5. (Enem) Um grupo de ecólogos esperava encontrar aumento de tamanho das acácias, árvores preferidas de grandes mamíferos herbívoros africanos, como girafas e elefantes, já que a área estudada era cercada para evitar a entrada desses herbívoros. Para espanto dos cientistas, as acácias pareciam menos viçosas, o que os levou a compará-las com outras de duas áreas de savana: uma área na qual os herbívoros circulam livremente e fazem podas regulares nas acácias, e outra de onde eles foram retirados há 15 anos. O esquema a seguir mostra os resultados observados nessas duas áreas.



De acordo com as informações citadas,

- a) a presença de populações de grandes mamíferos herbívoros provoca o declínio das acácias.
- b) os hábitos de alimentação constituem um padrão de comportamento que os herbívoros aprendem pelo uso, mas que esquecem pelo desuso.
- x c) as formigas da espécie 1 e as acácias mantêm uma relação benéfica para ambas.
- d) os besouros e as formigas da espécie 2 contribuem para a sobrevivência das acácias.
- e) a relação entre os animais herbívoros, as formigas e as acácias é a mesma que ocorre entre qualquer predador e sua presa.

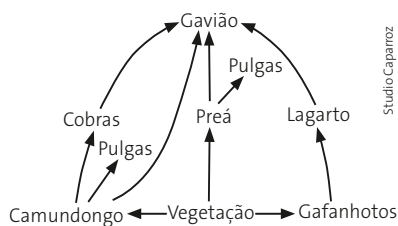
6. (Fuvest-SP)



Que tipo de interação biológica pode ser representado pelo gráfico?

- x a) Predação.
- b) Protocooperação.
- c) Inquilinismo.
- d) Mutualismo.
- e) Comensalismo.

7. (UFSE) As proposições a seguir referem-se a conceitos de ecologia.



- x (0) O esquema acima representa as relações tróficas de um ecossistema terrestre. Nele, somente o gavião ocupa dois níveis tróficos.
- x (1) Na teia alimentar acima representada, a relação ecológica existente entre o camundongo e o preá é a competição.
- x (2) A destruição generalizada de florestas tropicais afeta ecossistemas distantes da floresta, uma vez que as florestas tropicais ajudam a regular o clima e a ciclagem de nutrientes em escala global.

- x (3) O fitoplâncton, pequenos organismos fotossintetizantes que habitam a zona fótica da zona pelágica, fornece a maioria do alimento para a vida nos oceanos.
- (4) Quanto maior for o grau de adaptação das espécies a uma determinada condição ambiental, mais equipada ela estará para sobreviver e reproduzir-se quando as condições ambientais apresentarem problemas para os quais a espécie não está adaptada.

Resposta: 6 (0 + 1 + 2 + 3)

8. (UFPR) Bromélias, orquídeas e ervas-de-passarinho são plantas que habitam as árvores. As primeiras (bromélias e orquídeas) são plantas que de fato apenas habitam as árvores, não retirando do hospedeiro recurso algum, tais como água e nutrientes minerais ou orgânicos. As últimas (ervas-de-passarinho), no entanto, são plantas que fazem fotossíntese, mas retiram, através de suas raízes, água e nutrientes minerais do seu hospedeiro. Sobre esses dois exemplos de relações entre organismos, é correto afirmar:

- V () Ambos os casos tratam de relações ecológicas interespecíficas, já que as partes envolvidas pertencem a espécies diferentes.
- F () Duas espécies de plantas não são capazes de estabelecer uma relação ecológica, tendo em vista que plantas não se deslocam e, portanto, não interagem. Relações ecológicas ocorrem sempre entre animais ou entre animais e plantas.
- V () As bromélias e as orquídeas são plantas epífitas e utilizam o hospedeiro apenas como suporte. Dessa forma, elas não causam dano ao hospedeiro, à exceção de possíveis quebras devido ao seu peso, quando presentes em grande quantidade.
- V () As ervas-de-passarinho são plantas parasitas, explorando recursos retirados do hospedeiro. Dessa forma, elas causam dano ao hospedeiro, já que este perderá recursos importantes que poderiam ser utilizados para o seu crescimento ou reprodução.
- F () A relação das bromélias e orquídeas com seu hospedeiro é do tipo "mutualismo", visto que ambas as partes (epífitas e hospedeiro) beneficiam-se dessa relação.
- V () As relações ecológicas têm uma importância muito grande na manutenção da biodiversidade. Ambientes com representantes que interagem através de relações ecológicas complexas têm mais nichos a serem explorados e, portanto, maior riqueza de espécies.

Alterações ambientais

Daniela Duncan/Getty Images



Figura 6.1. Esta fotografia de um lixão ilustra um exemplo preocupante do descaso com o ambiente. Ela evidencia também a enorme quantidade de sacos plásticos usados para envolver o lixo. A degradação desse material plástico é muito lenta. Hoje em dia, é comum o uso de sacolas retornáveis – as chamadas *ecobags* – no lugar das sacolas plásticas para as compras do dia a dia. Já parou para pensar quantas embalagens plásticas deixariam de ser gastas por dia, no seu bairro e na sua cidade, se todos adotassem as *ecobags*?



Pense nisso

- Que outras medidas simples poderiam minimizar os impactos do lixo no ambiente? Por que o lixo é tão prejudicial?
- Você conhece algum caso em que tenha ocorrido quebra do equilíbrio ambiental na região onde você mora? Explique.
- Na cidade onde você mora há sistema de coleta e tratamento do lixo? E sistema de tratamento de esgoto? Como isso é feito? Por que saber disso é importante para você?
- Você conhece alguma espécie da fauna da região onde você mora que esteja em risco de extinção? Qual?
- Imagine que alguns representantes de uma espécie de caracol que não habita determinada região tenham sido trazidos e deixados livres na natureza. Quais seriam as consequências que a introdução dessa espécie poderia trazer para o ambiente?

1. Introdução

Em qualquer ecossistema, todos os componentes, vivos ou não vivos, mantêm equilíbrio entre si, podendo-se falar em **equilíbrio ambiental**. Tanto um organismo como um ecossistema em seu todo têm o poder de se adaptar a pequenas alterações, restabelecendo o equilíbrio. No entanto, modificações bruscas ou violentas normalmente não são compensadas em prazos razoáveis, impondo quebra duradoura do equilíbrio, com reflexos danosos para a saúde do organismo ou de todo o ecossistema.

Por motivos didáticos, analisaremos separadamente as alterações bióticas e as abióticas responsáveis pela quebra do equilíbrio ambiental, mas é importante lembrar que, nos ecossistemas, fatores bióticos e abióticos estão em constante interação.

2. Alterações bióticas

Entre as alterações bióticas que podem provocar desequilíbrio em um ecossistema destacam-se a **introdução de espécies** e a **eliminação** ou **extinção de espécies**.

2.1. Introdução de espécies

Quando uma espécie exótica (que se instala em locais onde não é naturalmente encontrada) é introduzida em um ecossistema, é difícil prever as consequências. Uma possibilidade é que a espécie exótica seja mais eficiente do que as espécies nativas na utilização dos recursos do ambiente. A disponibilidade dos recursos que estariam destinados às espécies nativas diminui e, como consequência disso, há redução da abundância dessas espécies. Isso caracteriza um desequilíbrio ecológico. A situação se agrava quando a espécie introduzida não tem predadores naturais no novo ambiente, o que acelera muito seu crescimento populacional.

Existem vários casos de introdução de espécies no Brasil e no mundo, com consequências danosas ao meio.



Colocando em foco

O CARAMUJO GIGANTE AFRICANO

O caramujo gigante africano *Achatina fulica* (Fig. 6.2) é nativo da África e foi introduzido no Brasil na década de 1980 como uma alternativa ao consumo de *escargot*. Sem aceitação no mercado, porém, os caramujos foram soltos no ambiente, onde encontraram condições ideais para se reproduzir devido ao clima e à ausência de predadores. Hoje são considerados pragas em várias regiões do país e combatidos, muitas vezes, de modo indiscriminado, o que tem colocado em risco as populações de espécies nativas semelhantes a eles e que acabam confundidas com o *Achatina*, como é o caso do *Megalobulimus* sp. Leia mais sobre o assunto no texto a seguir.

Impactos no meio ambiente

O caramujo africano invasor *Achatina fulica* foi introduzido no Brasil a partir de estados do Sul e Sudeste em pelo menos três ocasiões. [...] Populações densas dessa espécie vêm causando incômodos à populações humanas, danos a jardins e pequenas plantações, além de atuarem como transmissoras de duas zoonoses (angiostrongilíase abdominal e meningoencefalite eosinofílica) e outras parasitoses de interesse veterinário. [...]

Atualmente, o Brasil vive a fase explosiva da invasão de *Achatina fulica*, estando presente em 24 dos 26 estados brasileiros (sem registro apenas no Acre e Amapá) e no Distrito Federal [...].



Artur Keuncke/Pulsar Imagens

Figura 6.2. Fotografia do caramujo gigante africano. A concha mede cerca de 8 cm de comprimento.

A *Achatina fulica* pode ainda atuar como praga agrícola ou levar à perda da biodiversidade local [...], em razão do seu potencial competitivo, predatório [...], ou de transmissão de doenças para animais selvagens [...]. Recentemente, [pesquisadores] relataram impactos à biodiversidade causados pela infestação de *Achatina fulica*, tanto decorrentes da competição por espaço e alimento com os moluscos nativos, quanto pela interferência na cadeia alimentar.

ZANOL, J. et. al. O caramujo exótico invasor *Achatina fulica* (Stylommatophora, Mollusca) no Estado do Rio de Janeiro (Brasil): situação atual. *Biota Neotropica*, 2010. Disponível em: <<http://www.biotaneotropica.org.br/v10n3/pt/fullpaper?bn00610032010+pt>>. Acesso em: mar. 2016.

2.2. Extinção de espécies

As espécies podem extinguir-se por processos que não dependem da atividade humana ou ser extintas em decorrência dela.

As extinções sempre ocorreram, mesmo antes da evolução da espécie humana, e continuarão ocorrendo, já que são resultado das constantes modificações dos ecossistemas e da seleção adaptativa. Provas evidentes da existência, no passado, de organismos atualmente extintos são os **fósseis**.

Quanto à ação humana contribuindo para a extinção de espécies, merecem ênfase o desmatamento e a caça indiscriminada e criminosa de diversos animais, principalmente daqueles que já encontram grande resistência do meio e apresentam baixo potencial biótico. Baleias e peixe-boi (Fig. 6.3) são exemplos de animais que vivem diante desses problemas.

A ação educativa faz-se necessária, aliada à ação fiscalizadora e punitiva. Não se pode permitir que o número de representantes de uma espécie atinja seu limiar, abaixo do qual não há mais poder de recuperação, e a espécie se extinga. Esse número mínimo de representantes varia de uma espécie para outra, pois depende de diferentes fatores, sempre relacionados com a resistência do meio, o potencial biótico e a variabilidade genética dentro da população.

As principais medidas legais de ordem geral que visam à proteção dos animais proíbem sua captura, pesca ou caça em época de reprodução, sua exportação e, em alguns casos, a caça em qualquer época. Um exemplo típico em relação à época de reprodução é a proibição legal da pesca durante a piracema, período em que os peixes sobem os rios para se reproduzir. A preservação dos habitats também é essencial para proteger suas espécies de modo geral, incluindo as mais ameaçadas de extinção.



Figura 6.3. Fotografia de um dos tanques de água do mar (oceanários) da base do Projeto Peixe-boi, na ilha de Itamaracá (PE). Eles foram construídos entre 1991 e 2000 e são uma das principais atrações do estado. Esse projeto visa à preservação da espécie. Um peixe-boi mede cerca de 2 m de comprimento.



Colocando em foco

LISTAS VERMELHAS

A União Internacional pela Conservação da Natureza (IUCN) é a maior organização ambiental internacional, atuando fortemente na conservação da biodiversidade ao redor do mundo. Ela é responsável, por exemplo, pelas **Listas Vermelhas**, que classificam plantas e animais de acordo com seus riscos de extinção. Para que essas listas sejam elaboradas, é necessário o esforço conjunto de milhares de pesquisadores de vários países, especializados nos mais diversos grupos de seres vivos. Abaixo, seguem alguns dos critérios, determinados pela IUCN, nos quais os pesquisadores se baseiam para determinar se a espécie está muito ou pouco ameaçada:

- **Indivíduos maduros:** refere-se ao número de indivíduos conhecido, estimado ou inferido, com capacidade de reproduzir-se.
- **População e tamanho da população:** número total de indivíduos da população. Por razões funcionais, principalmente em razão das diferenças entre as formas de vida, o tamanho da população se mede apenas com o número de indivíduos maduros.
- **Subpopulações:** grupos da população que estão separados geograficamente ou por outros fatores, dentre os quais o baixo intercâmbio genético ou demográfico.
- **Flutuações extremas:** pode-se dizer que flutuações extremas estão ocorrendo em certos táxons quando o tamanho da população ou a área de distribuição varia de forma muito ampla, rápida e frequente.
- **Localidade:** define uma área distinta geográfica ou ecologicamente, na qual apenas um evento pode afetar drasticamente todos os indivíduos da população nela presentes.

Fonte dos dados: Livro Vermelho da Fauna Brasileira Ameaçada de Extinção. Disponível em: <www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/biodiversidade/fauna-brasileira/livro-vermelho/volumel/vol_1_parte2.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

3. Poluição dos ecossistemas

Toda e qualquer contaminação do ar, da água ou do solo por quantidades indesejáveis de matéria ou energia, prejudicando a vida, é considerada **poluição ambiental**. Vamos falar da poluição causada por liberação de energia ou de matéria no ambiente.

A poluição gerada pela liberação de energia, como luz, calor e som, é particularmente grave para o ser humano e geralmente observada nas grandes cidades. Afeta principalmente a saúde mental, pois causa irritação, nervosismo, fadiga e outros sintomas relacionados aos órgãos do sistema nervoso e aos órgãos dos sentidos.

3.1. Poluição sonora

O barulho ou o alto volume de aparelhos de som ou outros aparelhos produz o que chamamos poluição sonora. A curto e a médio prazos, esse tipo de poluição provoca irritação nas pessoas, determinando alterações de comportamento; a longo prazo, provoca diminuição da audição e até surdez. Por esse motivo, danceterias estadunidenses, por exemplo, estão sendo obrigadas a afixar em seus ambientes internos o seguinte aviso: “Aqui você está sujeito à surdez”.

Em certas fábricas, o problema da poluição sonora é tão grave que os funcionários precisam usar protetores auriculares para operar máquinas barulhentas. Se não se protegerem, podem ficar surdos em curto intervalo de tempo.

3.2. Poluição por eutroficação

O termo eutroficação deriva de **eutrófico** (*eu* = verdadeiro; *trophin* = nutrir), que significa “bem nutrido”.

A eutroficação pode ser natural ou provocada por resíduos urbanos, industriais ou agrícolas.

O lançamento de esgoto doméstico diretamente nos rios sem tratamento adequado é uma das principais causas de eutroficação e tem sido responsável pela destruição da fauna e da flora de muitos rios que banham as grandes cidades.

O lançamento de dejetos humanos no meio ambiente traz outra preocupação em termos de saúde, pois contribui para a propagação de várias doenças, como as causadas por certos vermes, amebas, bactérias e vírus.

A **figura 6.4** a seguir resume os principais processos que ocorrem na eutroficação em um lago.

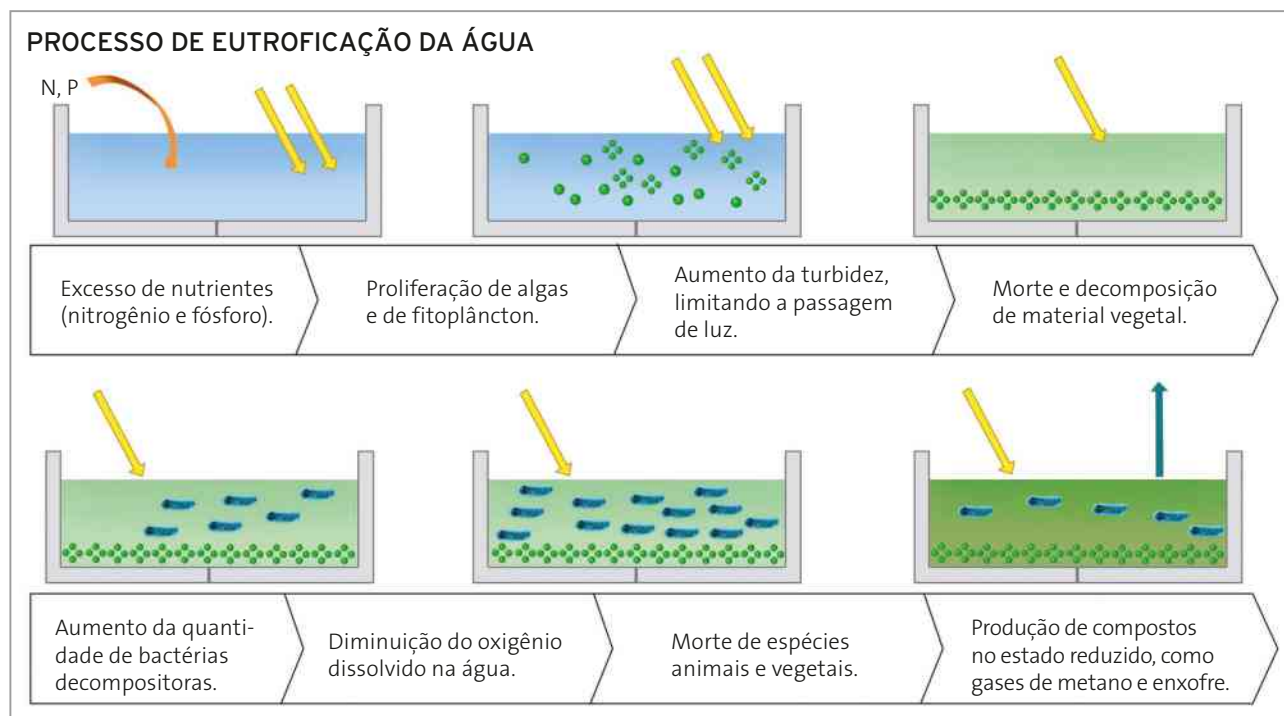


Figura 6.4. A eutroficação envolve uma série de processos que irão produzir desequilíbrio ecológico. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A eutroficação envolve várias etapas, que são explicitadas na imagem acima. São elas: 1) introdução de material rico em nitrogênio e fósforo no ambiente; 2) proliferação de algas diversas e de fitoplâncton tanto no fundo quanto na massa d'água; 3) aumento da turbidez, bloqueando a luz e fazendo com que a fotossíntese fique restrita apenas à lâmina mais superficial de água; 4) ao morrer, a matéria vegetal decanta e acumula-se no fundo do ambiente aquático; 5) crescimento da população de bactérias heterotróficas, favorecendo a decomposição aeróbica dos detritos; 6) consumo de gás oxigênio pelas bactérias, reduzindo o teor desse gás dissolvido na água; 7) morte dos organismos aeróbicos (insetos, crustáceos, peixes etc.), cuja decomposição consome gás oxigênio e agrava o problema da ausência desse gás (anoxia); 8) aparecimento, no meio anóxico, de compostos reduzidos e gases tóxicos como o metano e os compostos de enxofre.

3.3. Poluição térmica

O aumento da temperatura da água, provocando alteração no meio, é denominado poluição térmica. Em certos lagos e mares, o aumento da temperatura deve-se principalmente à ação de usinas elétricas e atômicas, pelo uso de sistemas de resfriamento dos reatores durante a geração de energia. Quando em equilíbrio em certo ambiente, as populações têm seu bom desempenho dentro da faixa normal de variação dos fatores ambientais, entre eles a temperatura. A isso,

se acresce o fato de que a tolerância de certas espécies a variações além dessa faixa pode ser maior do que de outras.

A poluição térmica desloca a temperatura do meio, interferindo no sucesso de cada espécie em relação às demais. Com isso, as abundâncias das diversas populações da comunidade se alteram, caracterizando o desequilíbrio ecológico. Em cenários mais graves, podem ocorrer extinções de populações, acompanhadas ou não pela colonização do local por novas espécies. A elevação da temperatura propicia, além disso, o desenvolvimento de fungos e bactérias, muitos dos quais causam doenças em alguns organismos, aumentando suas taxas de mortalidade.

Outro importante efeito do aumento da temperatura é a diminuição do teor de O_2 dissolvido na água (quanto mais quente, mais O_2 é perdido para o ar). Com isso, os organismos que dependem do gás oxigênio para respiração não conseguem sobreviver.

3.4. Poluição do ar

A poluição do ar pode ser causada pelo aumento da quantidade de gás carbônico, que acentua o efeito estufa causando o aquecimento global, pela introdução de partículas que ficam em suspensão no ar e pela introdução de outros gases poluentes. Entre esses, merecem destaque monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO_2), ozônio (O_3), dióxido de nitrogênio (NO_2) e hidrocarbonetos, como o metano (CH_4).

Um dos principais agentes poluidores da atmosfera é o motor a explosão dos veículos automotores. Quando a queima do combustível é completa, libera dióxido de carbono (CO_2), mas a combustão incompleta libera monóxido de carbono (CO) e fuligem.

O monóxido de carbono é um gás extremamente perigoso, inodoro, que se mistura ao ar e acaba sendo inspirado também. Ao passar para o sangue, associa-se à hemoglobina, pigmento vermelho do sangue e principal responsável pelo transporte de oxigênio em nosso corpo. A união do CO com a hemoglobina, no entanto, forma um composto relativamente estável: a **carboxi-hemoglobina**. A hemoglobina, associada ao monóxido de carbono, não pode transportar oxigênio, causando um tipo de asfixia que pode comprometer a vida. É sempre necessário extremo cuidado com os gases liberados por veículos parados com o motor em funcionamento em garagens, túneis e outros lugares onde a ventilação é limitada (Fig. 6.5).



Figura 6.5. Em túneis longos há necessidade de ventiladores para movimentação do ar, reduzindo os efeitos do monóxido de carbono. Na fotografia, túnel na Rodovia dos Imigrantes, em São Paulo, 2012.

Os motores a explosão não são os únicos agentes poluidores da atmosfera. Indústrias siderúrgicas e queimadas de florestas também são importantes fontes de poluentes.

As combustões incompletas de alguns combustíveis podem produzir, além do monóxido de carbono, alguns hidrocarbonetos gasosos e óxidos de nitrogênio. Esses dois subprodutos combinam-se na atmosfera em presença de luz solar, produzindo outras substâncias mais tóxicas: o ozônio (O_3) e o nitrato peroxiacetílico (PAN). Essas duas substâncias provocam nos humanos desconforto respiratório e irritação nos olhos, seguida de lacrimejamento.

O excesso de O_3 determina aumento na taxa respiratória das plantas, que acabam morrendo por consumir desnecessariamente a glicose armazenada. Além disso, o PAN inibe a fotossíntese, causando a morte da planta, uma vez que ela não pode mais sintetizar seus

alimentos. Certas variedades de plantas são muito sensíveis a esses fatores, e seu cultivo não tem sido mais possível em áreas próximas a grandes cidades.

Além da gasolina, a queima de outro derivado do petróleo, o óleo diesel, e a queima do carvão mineral pelas indústrias também liberam produtos tóxicos na atmosfera. É o caso do dióxido de enxofre (SO_2) e do dióxido de nitrogênio (NO_2), gases que causam distúrbios respiratórios no ser humano, como bronquite e asma. Esses gases reagem com o vapor-d'água da atmosfera, originando, respectivamente, ácido sulfúrico e ácido nítrico, que chegam à superfície sob a forma da chamada **chuva ácida**. Essa chuva pode provocar acidentes ecológicos graves, como destruição da vegetação (Fig. 6.6) e contaminação de solos e águas. O aumento da acidez da água de certos lagos, por exemplo, tem causado grande mortalidade de peixes. Além disso, a chuva ácida pode destruir monumentos, mármore, grades metálicas e carrocerias de carros.



Figura 6.6. Fotografia tirada na República Tcheca mostrando árvores mortas pela chuva ácida.

As partículas sólidas em suspensão no ar, da mesma forma que os gases componentes da atmosfera e os poluidores, são levadas pelas **correntes de convecção** para as camadas mais altas da atmosfera, por onde se dissipam. Esse processo diminui a poluição atmosférica local e reduz seus efeitos.

Inversão térmica

A troposfera torna-se cada vez mais fria à medida que aumenta a altitude (Fig. 6.7). No entanto, uma massa de ar quente pode penetrar na camada mais fria. Quando isso acontece, as correntes de convecção tornam-se fracas e incapazes de dispersar o ar, e com ele as substâncias poluidoras. Então, a atmosfera próxima ao solo torna-se densa, escura e imprópria à vida normal e saudável. Esse processo, caracterizado pela presença de uma massa de ar quente onde normalmente a atmosfera é fria, é conhecido por **inversão térmica** (Fig. 6.8).

A inversão térmica é particularmente grave em cidades industriais, pois aprisiona grande quantidade de poluentes no ar que a população respira.

SEM INVERSÃO TÉRMICA

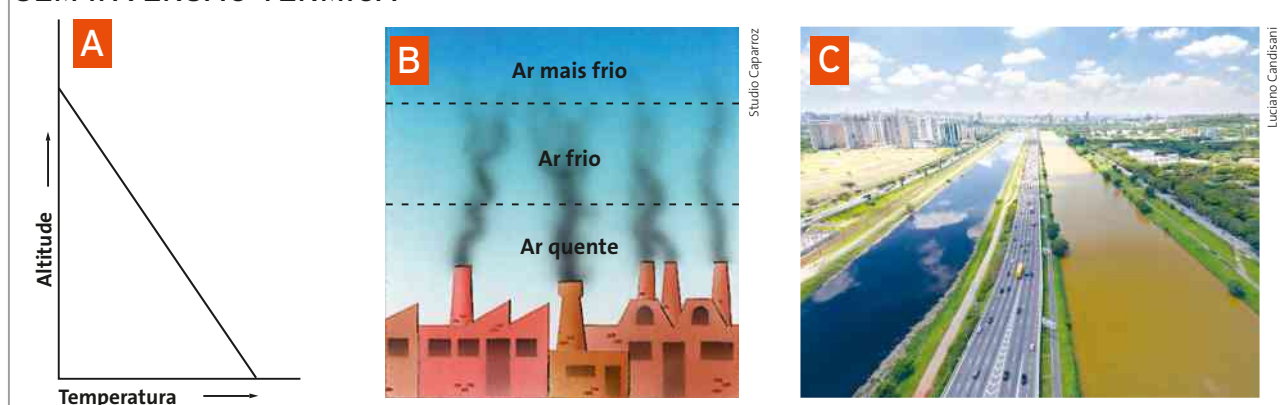


Figura 6.7. Características da atmosfera na ausência de inversão térmica: em A, gráfico da temperatura da atmosfera em função da altitude; em B, esquema de área industrializada; e em C, fotografia de parte da cidade de São Paulo em um dia sem inversão térmica. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

COM INVERSÃO TÉRMICA

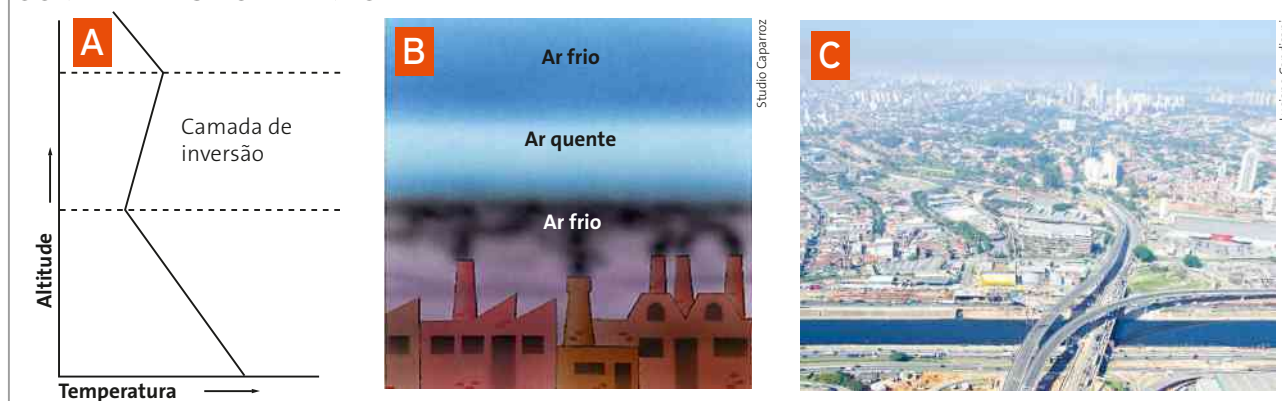


Figura 6.8. Características da atmosfera com inversão térmica: em A, gráfico da temperatura da atmosfera em função da altitude; em B, esquema de área industrializada; e em C, fotografia de parte da cidade de São Paulo em um dia com inversão térmica. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

3.5. Aquecimento global

A temperatura média do planeta Terra está aumentando nas últimas décadas: fala-se atualmente em aquecimento global. Ainda há discordâncias a respeito das causas desse fenômeno. De um lado, uma corrente defende que esse aumento na temperatura média tem causas naturais. De outro, há defensores de que ações humanas têm influência sobre o aquecimento do planeta, principalmente em função do aumento do consumo de combustíveis fósseis e de queimadas, o que aumenta o teor de gás carbônico na atmosfera. Esta última é a corrente mais aceita pela maioria dos pesquisadores da área.

Em 2015, a concentração de gás carbônico (CO_2) na atmosfera ultrapassou pela primeira vez (nos últimos milhões de anos) a marca de 400 partes por milhão (ppm) em escala global. Essa marca é vista por muitas pessoas como um limite emblemático do

fracasso dos esforços globais em controlar as emissões desse gás na atmosfera, tido como o principal responsável pelo aquecimento global e pelas mudanças climáticas. Antes da Revolução Industrial, no século XVIII, a concentração de CO_2 na atmosfera era de aproximadamente 280 ppm.

Além do CO_2 , o gás metano (CH_4) é outra preocupação nos processos de intensificação do efeito estufa. Isso porque ele é 20 vezes mais potente na retenção de energia térmica do que o gás carbônico. Nos últimos 200 anos, a proporção de metano na atmosfera mais que dobrou. O CH_4 é liberado nos processos de decomposição de materiais orgânicos nos pântanos e charcos, em vazamento de gasodutos, durante a mineração de carvão, no derretimento do *permafrost* na Sibéria, na irrigação agrícola e por bovinos.

As potenciais consequências do aquecimento global são muitas e algumas delas estão resumidas no quadro a seguir (Fig. 6.9).

SINAIS DO AQUECIMENTO GLOBAL

Derretimento da banquisa Ártica

Desaparecimento da calota glacial em 20-30 anos

Cientistas concluíram que nos últimos 20 anos as geleiras da Groenlândia perderam, em média, 152 bilhões de toneladas de gelo por ano.

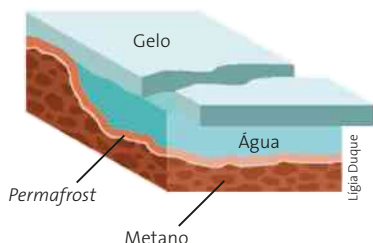
O derretimento das calotas expõe o solo e a água do mar, que absorvem mais calor, acelerando o aquecimento e o derretimento das geleiras locais.

- Menor extensão de gelo em setembro de 1982
- Menor extensão de gelo em setembro de 2007

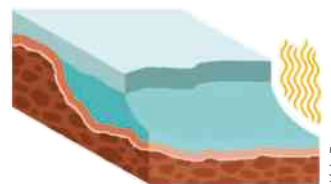


Liberação do metano do *permafrost* siberiano

A pressão e as baixas temperaturas mantêm o metano preso sob o *permafrost* (solo constantemente congelado).



A água do mar, quando aquecida, aumenta a temperatura do *permafrost*, possibilitando a liberação do metano, que se difunde na água e é liberado na atmosfera. Esse gás tem efeito estufa 20 vezes mais potente que o gás carbônico.

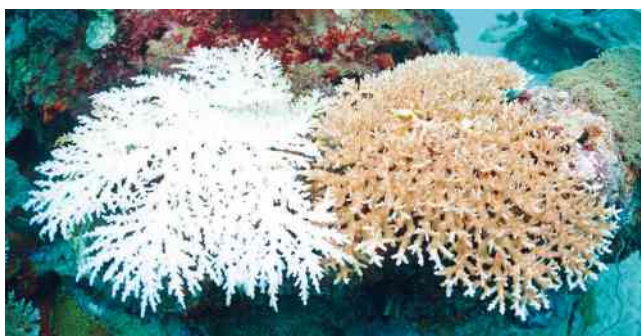


Acidificação dos oceanos pelo aumento da quantidade de CO₂ na água

A acidificação da água causa a morte dos corais e de suas fontes alimentares, como o plâncton. Diminui também a capacidade do fitoplâncton de realizar fotossíntese, ou seja, de absorver o CO₂.

Aumento do nível do mar

O aumento de um metro no nível do mar significaria cerca de 120 milhões de pessoas desabrigadas no mundo.



Alteração no ritmo de vida das espécies

Com o aumento da temperatura, algumas plantas antecipam a produção de flores e de frutos. Esse fenômeno altera não só a reprodução vegetal, mas também o ritmo de vida dos animais que utilizam esses recursos como alimento.

(Elementos da página representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Derretimento das geleiras de altitude

As geleiras, fontes de água insubstituíveis, podem desaparecer de várias cadeias de montanhas durante o século XXI.



Monte Kilimanjaro, na Tanzânia, em 1993 (à esquerda) e em 2015 (à direita).



Mudanças climáticas no Brasil

No mapa a seguir, são resumidas as consequências das mudanças climáticas mais diretamente relacionadas com o Brasil:



Fonte: Magrin, G.O. et al., 2014. Central and South America. In: *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B. Regional Aspects Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V. R. et al. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Figura 6.9. Algumas consequências do aquecimento global.

3.6. Poluição por elementos radiativos

Elementos radiativos causam mutações genéticas que podem desencadear doenças, como o câncer, e até mesmo provocar a morte dos indivíduos. Além disso, mutações que ocorrem nas células produtoras de gametas podem ser transmitidas ao longo das gerações. Assim, a preocupação sobre o que fazer com o lixo radiativo e como evitar a poluição por esses elementos deve ser sempre muito grande.

Na década de 1980, ocorreram dois graves acidentes radiativos no mundo: em Chernobyl (na antiga União Soviética) e em Goiânia (no Brasil).

Em 1986, a usina atômica de Chernobyl teve um de seus quatro reatores nucleares destruído por uma explosão seguida de incêndio (Fig. 6.10). O acidente provocou a liberação de uma nuvem radiativa que atingiu não só as pessoas da cidade mais próxima (Kiev), como vários países da Europa. Foi, sem dúvida, o pior acidente nuclear da história, matando várias pessoas, mutilando outras e provocando doenças de vários tipos, desde câncer e lesões de pele até mutações genéticas preocupantes para as gerações futuras. Além de ter afetado diretamente o ser humano, essa nuvem radiativa contaminou a vegetação, os animais, o solo, os rios e os mares da região. Frutas, verduras, carne, leite e derivados não puderam mais ser consumidos, pois a radiação neles contida poderia contaminar as pessoas.

No Brasil, em 1987, uma pequena cápsula contendo um pó radiativo, o cézio-137, foi aberta por pessoas desavisadas, provocando um dos acidentes mais

graves já registrados no mundo envolvendo esse elemento radiativo. Nessa cápsula, havia apenas 19 g de cézio, que fazia parte de um equipamento de cézio-137 usado em radioterapia e que foi abandonado nos escombros do antigo Instituto Goiano de Radioterapia. A cápsula foi removida do local por sucateiros para ser vendida como ferro-velho. Ao abri-la, as pessoas ficaram atraídas pela luminescência do cézio e manipularam o pó, passando-o pelo corpo e distribuindo-o entre parentes e amigos, inclusive crianças. Evidentemente não sabiam do perigo que estavam correndo. Um material como esse nunca poderia ter sido simplesmente deixado em um hospital desativado.

O saldo desse triste acontecimento: quatro mortes, uma pessoa com braço amputado e mais de duzentas pessoas contaminadas.

Mais recentemente, em 2011, no Japão, o reator Daichi I da usina nuclear de Fukushima teve seu sistema de refrigeração afetado por um *tsunami* provocado por um forte terremoto (magnitude de 8,9 pontos na escala Richter). Isso levou à explosão do reator, que liberou grandes quantidades de material radiativo, especialmente cézio-137.

Os fatos ocorridos em Chernobyl, em Goiânia e em Fukushima não podem ser esquecidos. Eles nos servem como alerta para o grande perigo que os acidentes nucleares podem representar e despertam a atenção para mais um problema a ser resolvido pela humanidade: o que fazer com o lixo radiativo.

Alguns países cogitam eliminar completamente sua dependência da energia nuclear. A Alemanha foi o primeiro a tomar essa decisão: em 2012, o governo alemão optou por desativar todas as suas 17 usinas nucleares até 2022.

3.7. Poluição por substâncias não biodegradáveis

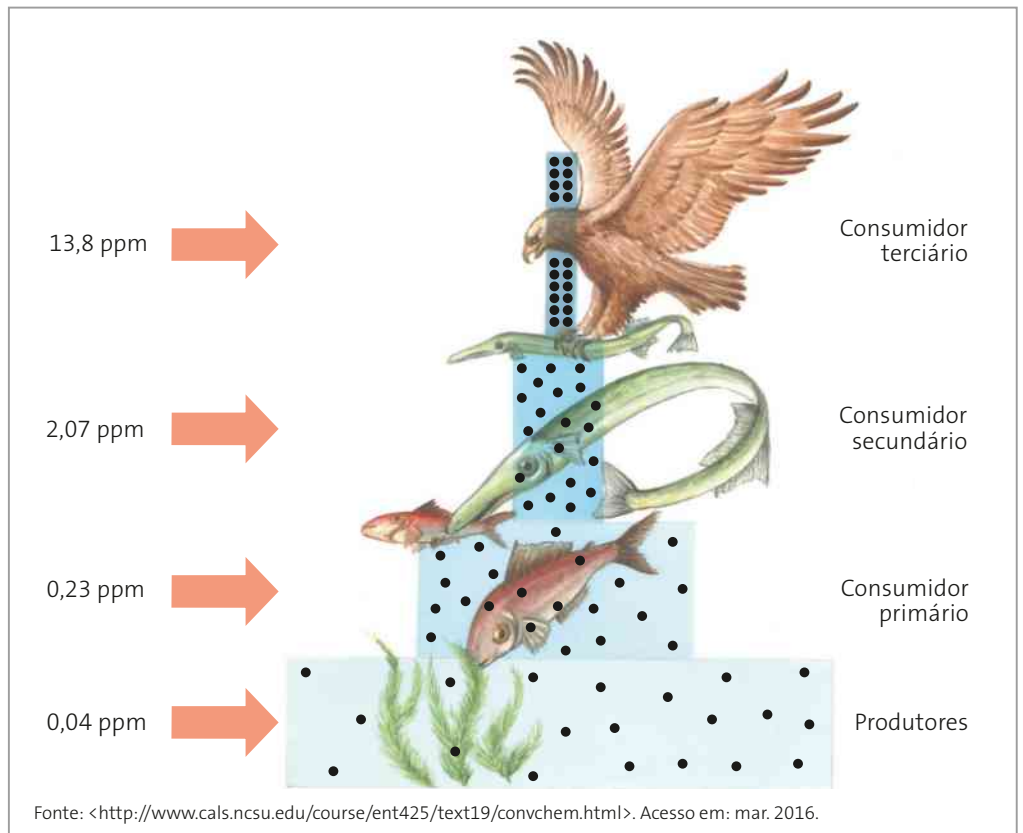
O aumento da quantidade de substâncias não biodegradáveis no ambiente traz sérios problemas aos ecossistemas. As substâncias biodegradáveis são decompostas por organismos, principalmente bactérias. Já os produtos não biodegradáveis não sofrem decomposição, caso principalmente das substâncias organocloradas e dos metais pesados, como o mercúrio. Essas substâncias podem se acumular nos tecidos dos organismos e vão se concentrando ao longo das cadeias alimentares, acarretando sérios problemas aos organismos.



Figura 6.10. Usina atômica de Chernobyl, em abril de 1986, após a explosão.

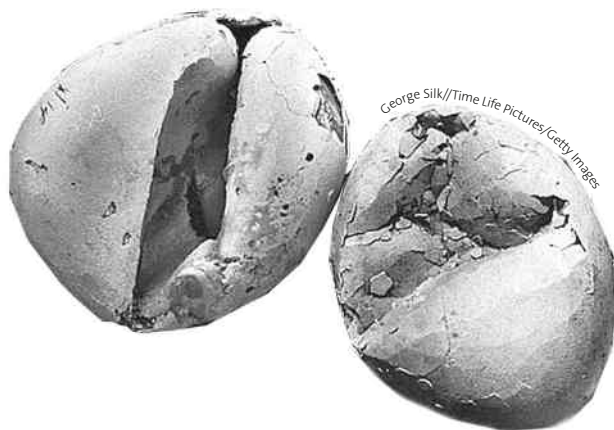
O mais persistente dos organoclorados é o dicloro-difenil-tricloroetano (DDT). Uma vez lançado no ambiente, ele permanece intacto por vários anos, acumulando-se nos tecidos dos organismos, passando inalterado pelos sucessivos níveis das cadeias alimentares.

No tecido dos produtores, como as plantas, a concentração de DDT pode ser baixa, mas os herbívoros, ao se alimentarem de produtores, acumulam a maior parte do DDT ingerido e excretam uma pequena porção. O mesmo processo ocorre com os carnívoros, com prejuízos para esses animais (Fig. 6.11).



< **Figura 6.11.** Pirâmide de energia mostrando o aumento da concentração de DDT (em partes por milhão — ppm) nos tecidos dos organismos ao longo de uma cadeia alimentar. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Aves que se alimentam em áreas de amplo uso de DDT colocam ovos com casca muito fina, que se quebra facilmente (Fig. 6.12). Isso causa elevada taxa de mortalidade entre os filhotes, levando a uma diminuição na densidade populacional desses animais.



^ **Figura 6.12.** Fotografia de ovos de aves que se alimentam em áreas de amplo uso de DDT; os ovos se quebram porque a casca é muito fina.

Um poluente importante encontrado principalmente na água é o mercúrio, amplamente utilizado em indústrias químicas de tintas, de fungicidas, de pesticidas e de papel. Na forma inorgânica, o mercúrio é relativamente inócuo, por ser pouco absorvido no trato digestório. Entretanto, torna-se altamente tóxico quando associado a compostos orgânicos, caso principalmente do metilmercúrio. Essa substância, se ingerida, provoca lesões nervosas que podem levar o indivíduo à morte.

Assim como o DDT, o metilmercúrio concentra-se nos tecidos dos organismos ao longo das cadeias alimentares. Na baía de Minamata, no Japão, pescadores foram envenenados ao comer peixes contaminados por metilmercúrio, que foi introduzido nessa baía junto com dejetos lançados por uma indústria química.

A indústria química responsável por esse desastre lançava na água, desde 1930, seus dejetos contendo mercúrio. Somente 20 anos depois surgiram os sintomas da contaminação: peixes, moluscos e pássaros

começaram a morrer. Em 1956, foi registrado o primeiro caso de intoxicação humana: uma criança com danos cerebrais. Depois desse caso, surgiram vários outros com o mesmo quadro e passou-se a falar em doença ou mal de Minamata. Verificou-se depois que a doença era provocada pela contaminação por mercúrio.

Esse elemento não é facilmente detectável na água, por sua baixa concentração, mas, como se acumula no corpo dos organismos ao longo das cadeias alimentares, é mais fácil avaliar sua presença em um meio pela análise de tecidos do corpo dos organismos que vivem na região.



Colocando em foco

CONTROLE DE PRAGAS POR FEROMÔNIOS

O uso de pesticidas, como o DDT e outros, para o controle de pragas na agricultura não só resulta na contaminação do solo e da água como também deixa de ser eficiente a longo prazo. A resistência das pragas a esses pesticidas tem sido um fenômeno cada vez mais observado. Com frequência, as pragas tornam-se resistentes aos pesticidas ou então mais abundantes depois que o produto se dissipa, já que seus inimigos naturais também são destruídos pelo pesticida. Além disso, uma praga eliminada por esse processo pode ser substituída por outra, mais resistente.

Com o objetivo de desenvolver um controle mais eficiente de pragas, sem causar alterações ambientais, os cientistas estão produzindo uma nova geração de pesticidas baseada no uso de feromônios (do grego *féro* = transportar; *órmon* = excitar) sintetizados naturalmente por esses animais. Os feromônios (ou ferormônios) são substâncias usadas na comunicação química entre os animais, muitas vezes agindo como “atrativos sexuais”.

No caso dos insetos, as fêmeas produzem feromônios capazes de atrair os machos de sua espécie que estejam a até 5 km de distância. Sabendo desse processo natural de atração, com a ajuda desses feromônios, o ser humano pode capturar os machos de insetos, interrompendo a reprodução e reduzindo a população. Além de não causar prejuízos ao meio, esse processo tem outra vantagem: cada feromônio atrai apenas indivíduos da espécie que o produziu, portanto é altamente específico.

3.8. Poluição por derramamento de petróleo

Os derramamentos de petróleo no mar são causados principalmente por acidentes com navios petroleiros, em plataformas de petróleo e pela água usada na lavagem dos reservatórios de petróleo dos navios, que depois é lançada diretamente no mar.

O petróleo derramado forma extensas manchas na camada superficial das águas e, com isso, bloqueia a passagem de luz, afetando a fotossíntese dos organismos marinhos e impedindo as trocas de gases entre a água e o ar.

Os animais aquáticos também são diretamente afetados pelo petróleo, pois ele se impregna na superfície de seus corpos, matando-os por intoxicação. Quando essa impregnação ocorre nas brânquias dos peixes, há morte por asfixia. As aves marinhas podem ficar com as penas recobertas por petróleo, o que as impede de voar e de realizar a termorregulação, causando sua morte (Fig. 6.13).

Os mamíferos marinhos com o corpo impregnado de petróleo também não conseguem realizar a termorregulação e morrem.



Ludano Candisani

Figura 6.13. Fotografia de um atobá-marrom (*Sula leucogaster*), ave marinha que mede entre 65 cm e 85 cm de comprimento. O animal apresenta o corpo coberto por óleo, despejado por um navio que limpou os tanques nas proximidades do Atol das Rocas (RN).

Os derramamentos de petróleo que atingem as regiões de manguezais também são muito graves, pois, além de afetar árvores e animais que vivem no local, destroem a principal área de procriação para muitas espécies marinhas.

Alguns métodos são utilizados para conter a dispersão das manchas de petróleo derramado, entre eles barreiras físicas e sucção por bombas. O uso de detergentes não tem sido indicado, pois seus efeitos podem ser tão graves quanto os ocasionados pelo petróleo. O petróleo pode também ser degradado pela ação de bactérias específicas, mas esse processo é muito lento.

Tão importante quanto descobrir técnicas para retirar o petróleo das águas e das praias é procurar evitar seu derramamento por meio de medidas de segurança nos petroleiros e nas plataformas, assim como do cuidado na lavagem dos tanques dos navios.

3.9. O lixo

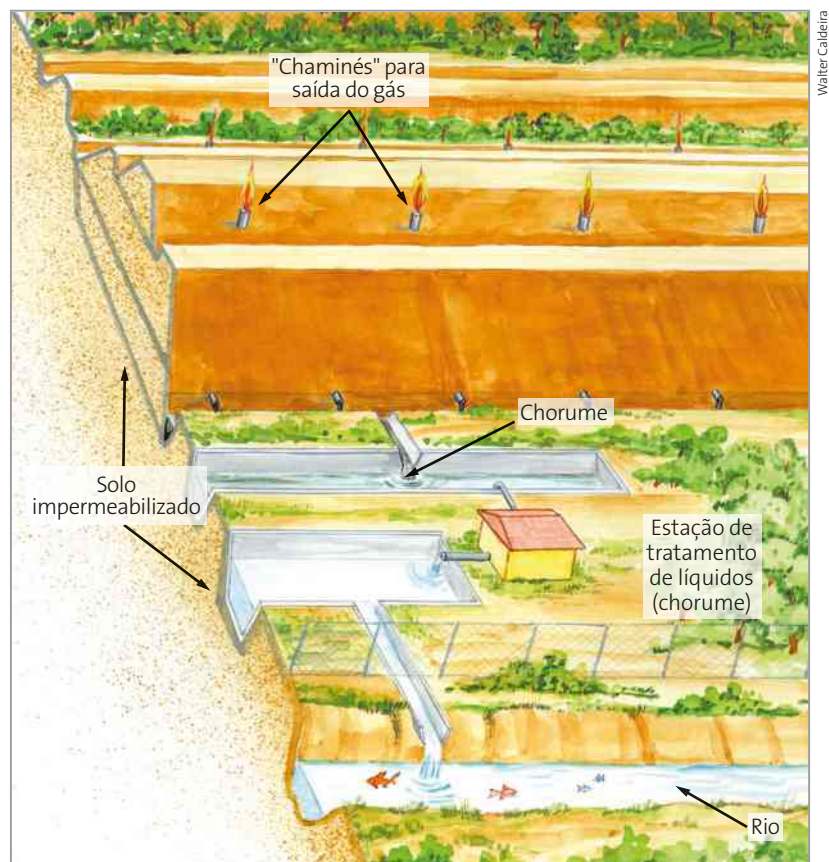
No Brasil, produz-se cerca de 600 g de lixo urbano por pessoa por dia, sendo que nas grandes cidades, como São Paulo, esse número alcança algo entre 1 kg e 1,2 kg por pessoa por dia. Nova Iorque é a cidade campeã em produção de lixo: cada pessoa produz em média cerca de 3 kg de lixo por dia. O que fazer com esse lixo, constituído por diversos materiais, como vidros, plásticos, metais, papéis, papelão e restos de comida? Considere que a população humana vem crescendo muito. A sociedade de consumo vem aumentando a quantidade de lixo produzido graças aos inúmeros itens descartáveis que procuram “facilitar” o dia a dia das pessoas.

O problema do lixo é muito sério. Algumas soluções têm sido propostas, mas os resultados ainda não são definitivos.

Uma das soluções mais antigas consiste simplesmente em remover o lixo de um local e transferi-lo para outro, formando os imensos **lixões** a céu aberto. Além do mau cheiro, esses lixões são responsáveis por intensa proliferação de insetos, como moscas e baratas, e de outros animais, como ratos, causando um grave problema de saúde pública. Fora isso, pessoas passaram a explorar esses lixões recolhendo restos de comida, objetos e outros itens, colocando em risco sua própria saúde. Em 2010, foi instituída a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que prevê a criação de planos para a eliminação de lixões e a posterior recuperação dos terrenos que eles ocupavam.

Atualmente, há formas mais adequadas para lidar com o lixo, como a construção de aterros sanitários, a incineração (queima) e a compostagem.

Nos **aterros sanitários** (Fig. 6.14), o solo é preparado de modo a receber uma impermeabilização e impedir que o lixo o contamine. São colocadas camadas alternadas de lixo e terra, evitando assim o mau cheiro e a proliferação de animais. Nesses aterros, bactérias anaeróbias realizam a decomposição da matéria orgânica; entre elas, há as que produzem o gás metano. Como essa produção é intensa, é importante haver locais próprios para a saída do gás, que pode ser coletado e usado como combustível. Quando não é aproveitado, geralmente esse gás é queimado nas chaminés adaptadas ao substrato dos aterros.



Fonte: *Lixo municipal: manual de gerenciamento integrado*. Instituto de Pesquisas Tecnológicas — IPT, 1995.

Figura 6.14. Esquema de um aterro sanitário. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A **incineração** é realizada principalmente nos casos de lixo contaminado, como o de hospitais. Apesar de ser executado em incineradores apropriados, esse processo sempre gera poluição do ar pela emissão de fumaça.

A **compostagem** (Fig. 6.15) consiste em transformar a parte orgânica do lixo em compostos, que podem servir de fertilizante para o solo. O processo é bastante útil, porque, além de ser uma solução para o lixo orgânico, também contribui para a agricultura e participa do processo de reciclagem da matéria orgânica.

Para realizar a compostagem, é necessário separar a matéria orgânica do resto do lixo. Por isso, em algumas cidades, as prefeituras têm feito a **coleta seletiva** (Fig. 6.16), facilitando o tratamento do lixo urbano e a reciclagem de certos materiais. Nesses casos, separa-se a matéria orgânica que se decompõe facilmente (como restos de comida) de outros materiais, como vidro, metal, papel e plástico, que podem ser reciclados, isto é, reaproveitados na fabricação de novos produtos (Fig. 6.17).



João Prudente/Pulsar Imagens

Figura 6.15. Matéria orgânica secando em terreiro de usina de compostagem e reciclagem de lixo no município de Pingo D'água, MG, 2013. Após essa etapa, a matéria orgânica é colocada para ser decomposta, resultando na produção de adubo orgânico.



Rita Barreto

Figura 6.16. Na coleta seletiva de lixo há recipientes próprios para vidro (cor verde), metal (cor amarela), papel (cor azul) e plástico (cor vermelha).



Thinkstock/Getty Images

Figura 6.17. Este símbolo representa os 3 R's: reduzir, reutilizar e reciclar.



Colocando em foco

BIORREMEDIAÇÃO

Biorremediação é um processo no qual organismos vivos, normalmente plantas ou microrganismos, são utilizados tecnologicamente para remover ou reduzir (remediar) poluentes no ambiente. Este processo biotecnológico de remediação tem sido intensamente pesquisado e recomendado pela comunidade científica atual como uma alternativa viável para o tratamento de ambientes contaminados, tais como águas superficiais, subterrâneas e solos, além de resíduos e efluentes industriais em aterros ou áreas de contenção. Embora outras tecnologias que usam processos físicos e/ou químicos sejam também indicadas para descontaminar ambientes poluídos, o processo biológico de biorremediação é uma alternativa ecologicamente mais adequada e eficaz para o tratamento de ambientes contaminados com moléculas orgânicas de difícil degradação e metais tóxicos.

GAYLARDE, C. C. et. al. Biorremediação: aspectos biológicos e técnicos da biorremediação de xenobióticos. In: *Biologia Ciência e Desenvolvimento*, n. 34, jun. 2005. Disponível em: <http://www.biotecnologia.com.br/revista/bio34/biorremediacao_34.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

4. Pegada ecológica e biocapacidade

A pegada ecológica é um modelo que permite estimar a área necessária (em hectares) para sustentar uma dada população humana, considerando seu consumo de recursos naturais renováveis. Geralmente, a pegada ecológica é estimada por país, e seu valor corresponde à área total de terras que seriam necessárias para abastecer os habitantes com alimentos e outros recursos. O valor da pegada ecológica de um país pode ser, então, comparado com a biocapacidade, que corresponde à área (em hectares) de terras produtivas que o país tem disponível para produzir os recursos que ele necessita para manter seu padrão de consumo. Segundo dados da *Global Footprint Network* (Rede Global de Pegada Ecológica, em inglês), o Brasil é o país com maior biocapacidade do mundo. Esse modelo de análise foi desenvolvido em 1996 por economistas e engenheiros.

Para efeito de projeções futuras, entretanto, é importante considerar que a biocapacidade tende a diminuir rapidamente devido ao mau uso do solo, que leva a erosão, poluição e outras formas de degradação.

Além dos fatores mencionados, estamos vivendo em uma era de alto consumo, mais evidente no padrão de vida das grandes cidades, em que o ser humano aparentemente está “desconectado” da natureza. O cidadão muitas vezes não sabe de onde vêm ou como foram preparados os alimentos — basta ir ao supermercado para ter a falsa segurança da fatura. Os dejetos desaparecem nos vasos sanitários; o lixo produzido é levado pelos caminhões de coleta; e as pessoas acabam por esquecer de que tudo o que consumimos e tudo o que descartamos tem uma ligação direta com o ambiente e sua capacidade de suporte.

Quando se compara a pegada ecológica de um país com sua biocapacidade, pode-se saber se essa relação é adequada, se gera um déficit ecológico ou se há reserva ecológica (Fig. 6.18).

O déficit ocorre quando a pegada ecológica da população de um país é maior que sua biocapacidade. Isso significa que aquele país, para manter seu consumo, tem que importar recursos de outros países. A reserva ecológica ocorre quando a biocapacidade do país é maior do que a pegada ecológica de sua população.

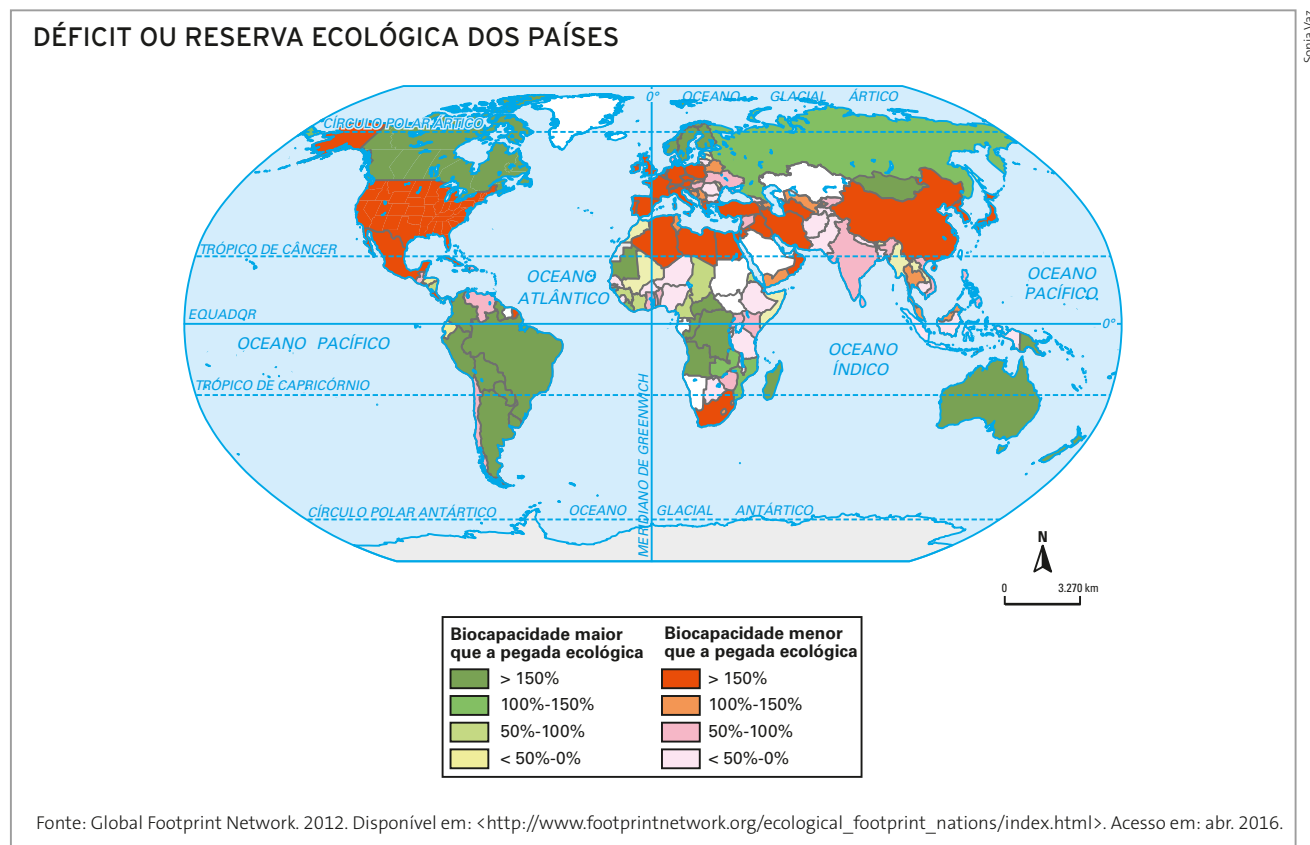


Figura 6.18. Mapa que mostra a relação entre a biocapacidade e a pegada ecológica de cada país, feito com base em dados de 2012.

5. Desenvolvimento sustentável

A preocupação com a preservação da vida tem sido motivo de reuniões mundiais para se tentar propor medidas em termos globais.

Uma dessas reuniões aconteceu em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, e ficou conhecida como **Eco-92**. Representantes de 170 países estiveram presentes e, como resultado dessa grande conferência, foi elaborado um documento chamado **Agenda-21**, definido como um plano de ação global para o século XXI.

A Agenda-21 defendia a necessidade de investimento em programas de **desenvolvimento sustentável**. Nesse modelo de desenvolvimento, considera-se que o avanço econômico e a conservação do meio ambiente são compatíveis e devem estar intimamente relacionados. Os recursos naturais são suficientes para atender às necessidades de todos, desde que manejados de forma sustentável. Para isso, segundo a Agenda-21, deveriam ser elaborados planos de manejo que considerassem não apenas as características do meio ambiente, mas também a cultura, a história e a situação social da comunidade que depende de determinados recursos naturais.

Em 1997, houve uma reunião na Organização das Nações Unidas (ONU), a **Rio+5** (5 anos após a Eco-92), na qual foram apontadas algumas lacunas ou pontos mal definidos na Agenda-21, que dificultavam sua implementação.

Também em 1997 aconteceu um encontro mundial na cidade de Kyoto, no Japão, onde foi elaborado um dos mais ambiciosos projetos de combate ao aquecimento global: o **Protocolo de Kyoto**. Ele estabeleceu que os países industrializados deveriam, até 2012, reduzir em média 5,2% de suas emissões de gases causadores do efeito estufa (principalmente CO₂) em relação aos níveis alarmantes detectados em 1990.

O Brasil foi um dos primeiros países a assinar o Protocolo de Kyoto. No entanto, alguns países industrializados se negaram a validar esse documento por não concordarem com a meta de redução na emissão de CO₂ estabelecida para eles.

Foi nesse contexto que aconteceu a **Rio+10**, entre 26 de agosto e 4 de setembro de 2002, na África do Sul. Participaram da cúpula 191 países, para retomar as questões apontadas na Eco-92.

Para os ambientalistas, os resultados da Rio+10 foram decepcionantes diante da grande expectativa que o encontro gerou. Um dos pontos positivos da Rio+10 foi a adesão da Rússia, do Canadá e da China ao Protocolo de Kyoto.

Em 2012 realizou-se a conferência **Rio+20**. O tema principal foi o desenvolvimento sustentável, fundado em três pilares: econômico, social e ambiental. Dentro desse tema, a ONU escolheu as seguintes abordagens:

- economia “verde” no contexto do desenvolvimento sustentável e da erradicação da pobreza;
- estrutura institucional para o desenvolvimento sustentável.

Em setembro de 2015, os 193 Estados-membros da ONU adotaram formalmente a **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**, composta pelos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). De acordo com o então secretário-geral da ONU, Ban Ki-moon, no discurso de abertura do encontro: “A nova agenda é uma promessa dos líderes para a sociedade mundial. É uma agenda para acabar com a pobreza em todas as suas formas, uma agenda para o planeta”.



Colocando em foco

OS 17 OBJETIVOS PARA TRANSFORMAR O NOSSO MUNDO

As Nações Unidas definiram os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Fig. 6.19) como parte de uma nova agenda de desenvolvimento sustentável que deve finalizar o trabalho dos ODM [Objetivos de Desenvolvimento do Milênio] e não deixar ninguém para trás.

Essa agenda, lançada em setembro de 2015 durante a Cúpula de Desenvolvimento Sustentável, foi discutida na Assembleia Geral da ONU, onde os Estados-membros e a sociedade civil negociaram suas contribuições.

O processo rumo à agenda de desenvolvimento pós-2015 foi liderado pelos Estados-membros com a participação dos principais grupos e partes interessadas da sociedade civil. A agenda reflete os novos desafios de desenvolvimento e está ligada ao resultado da Rio+20 – a Conferência da ONU sobre Desenvolvimento Sustentável – que foi realizada em junho de 2012 no Rio de Janeiro, Brasil.

[...]

Os Objetivos e metas estimularão a ação para os próximos 15 anos em áreas de importância crucial para a humanidade e para o planeta [...].

OBJETIVOS DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Objetivo 1. Acabar com a pobreza em todas as suas formas, em todos os lugares.

Objetivo 2. Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável.

Objetivo 3. Assegurar uma vida saudável e promover o bem-estar para todos, em todas as idades.

Objetivo 4. Assegurar a educação inclusiva e equitativa e de qualidade, e promover oportunidades de aprendizagem ao longo da vida para todos.

Objetivo 5. Alcançar a igualdade de gênero e empoderar todas as mulheres e meninas.

Objetivo 6. Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todos.

Objetivo 7. Assegurar o acesso confiável, sustentável, moderno e a preço acessível à energia para todos.

Objetivo 8. Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo e trabalho decente para todos.

Objetivo 9. Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação.

Objetivo 10. Reduzir a desigualdade dentro dos países e entre eles.

Objetivo 11. Tornar as cidades e os assentamentos humanos inclusivos, seguros, resilientes e sustentáveis.

Objetivo 12. Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis.

Objetivo 13. Tomar medidas urgentes para combater a mudança climática e seus impactos (*).

Objetivo 14. Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável.

Objetivo 15. Proteger, recuperar e promover o uso sustentável dos ecossistemas terrestres, gerir de forma sustentável as florestas, combater a desertificação, deter e reverter a degradação da terra e deter a perda de biodiversidade.

Objetivo 16. Promover sociedades pacíficas e inclusivas para o desenvolvimento sustentável, proporcionar o acesso à justiça para todos e construir instituições eficazes, responsáveis e inclusivas em todos os níveis

Objetivo 17. Fortalecer os meios de implementação e revitalizar a parceria global para o desenvolvimento sustentável.

(*) Reconhecendo que a Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima [UNFCCC] é o fórum internacional intergovernamental primário para negociar a resposta global à mudança do clima.



Figura 6.19. Os 17 objetivos de desenvolvimento sustentável da ONU.

Fontes: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/>>; <<https://nacoesunidas.org/wp-content/uploads/2015/10/agenda2030-pt-br.pdf>>. Acessos em: mar. 2016.

6. Conservação biológica

Como já vimos, a manutenção dos ecossistemas depende da manutenção das interações dos organismos entre si e dos organismos com o ambiente. Uma vez que essas interações estão associadas à obtenção dos recursos para a sobrevivência das espécies, conservar a integridade das interações é essencial para a manutenção das populações naturais e, portanto, da **biodiversidade**. Atualmente há por volta de 2 milhões de espécies descritas nos ecossistemas do mundo e há estimativas de que existam muitas mais ainda não conhecidas.

Quanto mais se expandem as populações humanas e quanto mais avança a tecnologia, mais tensas ficam as relações humanas com a natureza. Com mais pessoas para sustentar e com tecnologias que demandam cada vez mais matérias-primas, aumenta a necessidade de exploração dos recursos naturais e portanto amplificam-se as ações que alteram a estrutura e o funcionamento dos ecossistemas (Fig. 6.20). Essas ações incluem a destruição de habitats, a introdução de espécies exóticas e o uso não sustentável dos recursos existentes, resultando na perda de espécies com redução da biodiversidade.



Figura 6.20. Área de vegetação transicional entre a Amazônia e a Caatinga desmatada para a extração de areia, em Teresina, PI (2015).

A Biologia da Conservação é uma área que integra conhecimentos da Ecologia propriamente dita, da Fisiologia, da Genética, da Biologia Molecular e da Biologia Evolutiva com o propósito de conservar a diversidade biológica em seus três níveis: diversidade genética, diversidade de espécies e diversidade de ecossistemas.

A **diversidade genética** refere-se não só à variação genética dentro das populações, um dos quesitos importantes para a evolução das espécies, mas também entre populações das diferentes espécies. A redução da diversidade genética também afeta o ser humano, pois a eliminação de variedades genéticas de certas espécies pode contribuir para a perda de importantes recursos genéticos que poderiam ser usados para aumentar a

produção e a qualidade das culturas. Por exemplo, em resposta a surtos de um vírus que atacou plantações de arroz pelo mundo, agrônomos pesquisaram os genes de indivíduos de 7000 populações de arroz (*Oriza sativa*) e de espécies aparentadas em busca de alguma resistência ao vírus. Finalmente encontraram na Índia uma única população selvagem (de *Oriza nivara*, espécie próxima à do arroz) resistente ao vírus, e os cientistas foram bem-sucedidos ao incorporarem essa característica genética a variedades comerciais de arroz, que passaram a resistir ao vírus, salvando-se a produção.

A **diversidade de espécies**, por sua vez, pode ser afetada em nível local, regional ou global. Uma espécie é considerada extinta quando desaparece de todos os ecossistemas em que ocorria antes. Seja em que nível for, a extinção de espécies pode afetar profundamente outras espécies da mesma comunidade, por conta da alteração das interações biológicas de que muitas delas dependem para sobreviver. É o que ocorre quando espécies que são presas ou predadores são eliminadas, ou quando espécies de plantas perdem seus polinizadores e dispersores de sementes, reduzindo assim seu próprio sucesso reprodutivo, por exemplo.

A **diversidade de ecossistemas**, finalmente, diz respeito à variação entre os ecossistemas. A redução desse tipo de diversidade relaciona-se com a extinção ou a modificação de comunidades biológicas inteiras. É o que vemos no Brasil, onde, por exemplo, diversos ecossistemas de Cerrado caracterizados por diferentes comunidades vêm sendo contínua e rapidamente convertidos em ecossistemas agrícolas de baixíssima diversidade de espécies (plantações de soja, cana-de-açúcar e algodão principalmente).

A perda de ecossistemas implica em perda dos chamados **serviços ecossistêmicos**, isto é, os processos ecológicos através dos quais os ecossistemas ajudam a sustentar os seres humanos. Incluem-se aí a purificação do ar, mantendo estável sua composição; a degradação biológica de resíduos diversos em ambientes terrestres e aquáticos (como vemos acontecer nos rios após um ponto de descarga de esgotos, por exemplo); o controle natural de pragas por meio de organismos vivos e muitos outros.

Uma das metas da conservação biológica é a manutenção desses serviços ao longo do tempo de modo sustentável.

6.1. Unidades de conservação

Um dos recursos utilizados pelo ser humano para a proteção e a manutenção da biodiversidade em seus três níveis é a criação de áreas chamadas **unidades de conservação**.

No Brasil, todas as unidades de conservação (UC) são cadastradas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). De acordo com o SNUC, uma unidade de conservação consiste em um “espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público com objetivos de conservação e [com] limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção”.

Historicamente, um dos fatores que dificultava a administração das áreas de proteção era a falta de integração das três esferas de governo (federal, estadual e municipal). Atualmente, o SNUC possibilita uma visão de conjunto das áreas naturais a serem preservadas e estabelece mecanismos que regulamentam a participação da sociedade na gestão das UCs, potencializando a relação entre o Estado, os cidadãos e o meio ambiente.

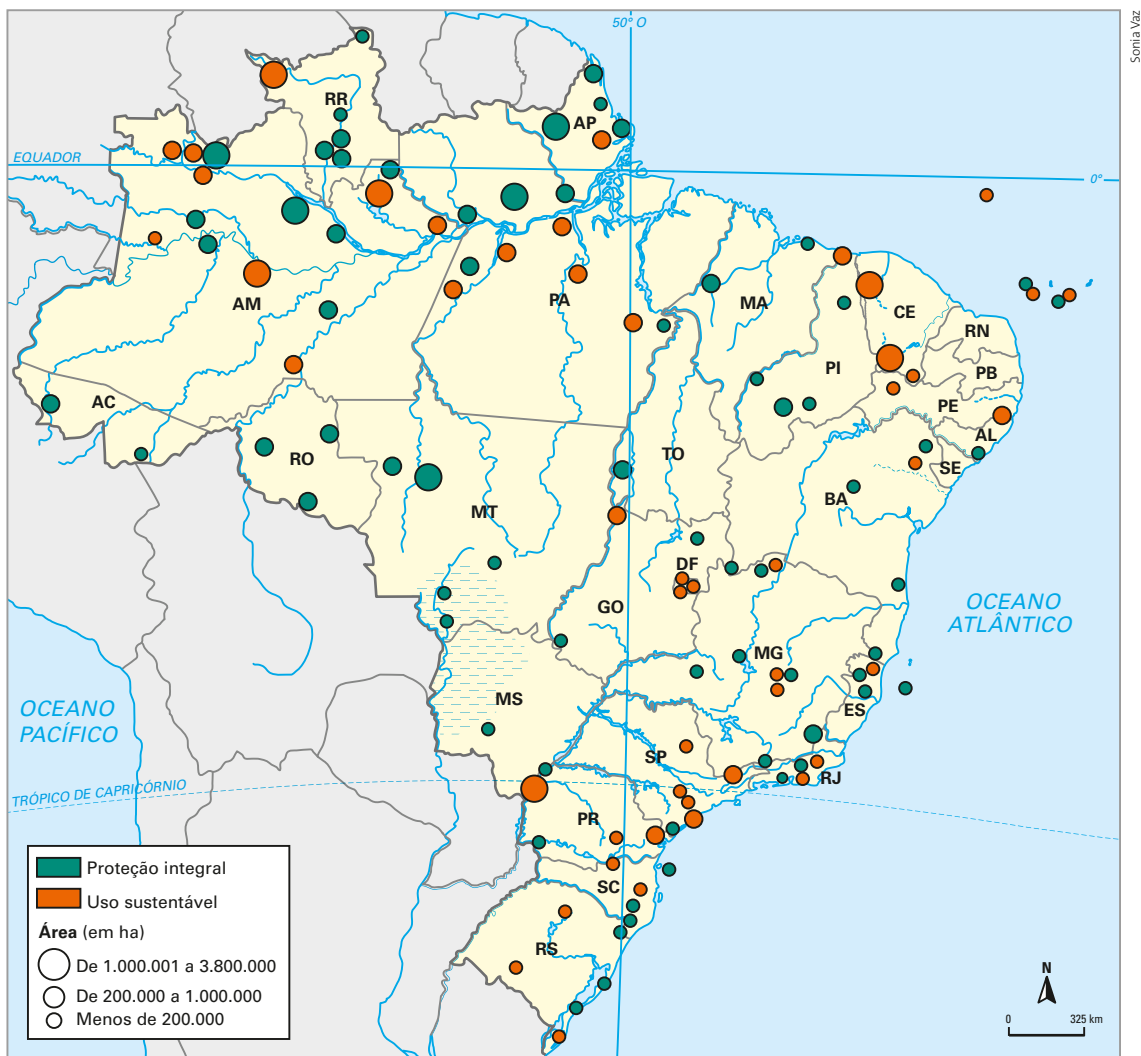
Tipos de unidades de conservação

O SNUC atualmente inclui 12 tipos de áreas protegidas, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: há aquelas que precisam de maiores cuidados, por sua fragilidade e suas particularidades, e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo.

Há então duas categorias principais subdivididas: a de proteção integral e a de uso sustentável (Fig. 6.21).

As UCs de **proteção integral** visam à preservação da natureza, permitindo apenas o uso indireto de seus recursos naturais. Já as UCs de **uso sustentável** têm como objetivo a conservação da natureza, considerando o uso direto e sustentável de parcela de seus recursos naturais, com exceção da Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN), à qual aplica-se a restrição de uso imposta às UCs de proteção integral.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NO BRASIL



Fonte: CALDINI, V. L. M.; ÍSOLA, L. *Atlas Geográfico Saraiva*. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2013.

Figura 6.21. Mapa da localização de algumas das unidades de conservação no Brasil. Por imposição da escala cartográfica, estão mapeadas apenas as unidades com áreas representativas.

A tabela que se segue (Fig. 6.22) apresenta as disposições legais quanto ao uso de cada um dos 12 tipos de UC:

	Unidade de conservação	Composição*	População residente	Visitação pública	Pesquisa científica	
Proteção integral	Estação Ecológica	Área pública	Não permitida	Não permitida, exceto com motivos educacionais	Permitida com autorização prévia e sob normas e restrições	
	Reserva Biológica					
	Parque Nacional					
	Monumento Natural	Área pública e/ou privada	Permitida	Permitida sob normas e restrições		
	Refúgio de Vida Silvestre					
Uso sustentável	Área de Proteção Ambiental (APA)	Área pública e/ou privada	Permitida	Permitida sob condições pré-estabelecidas	Permitida sob condições pré-estabelecidas	
	Área de Relevante Interesse Ecológico				Permitida com autorização prévia e sob normas e restrições	
	Floresta Nacional	Área pública	Não permitida (exceto comunidades tradicionais)		Permitida e incentivada com autorização prévia e sob normas e restrições	
	Reserva Extrativista		Não permitida		Permitida e incentivada sob condições pré-estabelecidas	Permitida com autorização prévia e sob normas e restrições
	Reserva de Fauna					
	Reserva de Desenvolvimento Sustentável	Não permitida (exceto comunidades tradicionais)	Permitida e incentivada com autorização prévia e sob normas e restrições			
	Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN)	Área privada	Permitida	Permitida sob condições pré-estabelecidas	Permitida sob condições pré-estabelecidas	

* UCs com domínio exclusivamente público, dependendo de sua categoria, permitirão a permanência de comunidades tradicionais em seu interior após seu reconhecimento.

Fonte: Prefeitura de São Paulo. Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/unid_de_conservacao/index.php?p=3339>. Acesso em: abr. 2016.

▲ **Figura 6.22.** Tabela dos tipos de unidades de conservação e suas características, de acordo com o Sistema Nacional de Unidades de Conservação.



Colocando em foco

TERRAS INDÍGENAS NO BRASIL

A vulnerabilidade dos povos indígenas em relação à civilização ocidental já ficou historicamente evidenciada nos mais diversos lugares do mundo.

No Brasil, isso transparece na redução de um total da ordem de 3 milhões de indígenas à época do descobrimento para cerca de 800 000 atualmente, segundo dados da Funai (Fundação Nacional do Índio, órgão indigenista oficial do Estado brasileiro). Não são raros hoje em dia profundos conflitos entre indígenas e garimpeiros, madeireiros e grileiros de terras, que buscam nas terras indígenas muitos recursos naturais, incluindo o próprio solo.

Nesse cenário, a sobrevivência dos cerca de 300 povos indígenas que hoje habitam o Brasil depende muito da proteção das autoridades, e isso se dá em parte por meio da demarcação de áreas naturais capazes de permitir seu sustento.

De acordo com a Funai, Terras indígenas (TI) são “porções do território nacional, de propriedade da União, habitadas por um ou mais povos indígenas, por ele(s) utilizadas para suas atividades produtivas, imprescindíveis à preservação dos recursos ambientais necessários a seu bem-estar e necessárias à sua reprodução física e cultural, segundo seus usos, costumes e tradições”. As terras indígenas adicionalmente são espaços privilegiados para a conservação da diversidade biológica, já que abrigam populações humanas antigas e naturais nessas áreas.

As terras indígenas estão subordinadas diretamente à administração federal e são, por lei, inalienáveis (não podem ser vendidas), indisponíveis (não podem ser utilizadas por estranhos) e os direitos sobre ela são imprescritíveis.

A Constituição de 1988 consagrou o princípio de que os indígenas são os primeiros e naturais senhores da terra nacional. Esta é a fonte primária de seu direito, anterior a qualquer outro. Consequentemente, o direito dos indígenas a uma terra determinada independe de prova de posse e sim apenas do reconhecimento governamental. No Brasil existem aproximadamente 544 terras indígenas (dados de 2014), sendo a maior parte localizada na área da Amazônia Legal. Cabe à sociedade de modo geral e aos povos indígenas em particular a reivindicação de regularização de suas terras inicialmente junto à Funai.



Figura 6.23. Fotografia da celebração dos 20 anos da homologação do Território Indígena Yanomami, na Aldeia do Demini, em Barcelos (AM), 2012.



Figura 6.24. Fotografia aérea da Aldeia do Demini, localizada no Território Indígena Yanomami, em Barcelos (AM), 2012.



Tema para discussão

Onda de rejeitos da Samarco atingiu 663 km de rios e devastou 1 469 hectares de terras

A catástrofe socioambiental provocada pelo rompimento de barragem da mineradora Samarco em Mariana (MG), no [dia 5/11/2015], atingiu 663 km de rios e resultou na destruição de 1469 hectares de vegetação, incluindo Áreas de Preservação Permanente (APP), aponta laudo técnico preliminar do Ibama. No distrito de Bento Rodrigues, 207 das 251 edificações (82%) foram soterradas.

Os rejeitos de mineração formaram uma onda de lama que afetou diretamente 663 km no Rio Doce e seus afluentes, chegando ao oceano em 21/11 [2015], no município de Linhares, no Espírito Santo. [...]

O volume total da barragem era de 50 milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração de ferro, e pelo menos 34 milhões de m³ foram lançados no meio ambiente. “É indiscutível que o rompimento da barragem de Fundão trouxe consequências ambientais e sociais graves e onerosas, em escala regional, devido a um desastre que atingiu 663,2 km de corpos d’ água nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo, além de impactos ao estuário do Rio Doce e à região costeira”, aponta o laudo. “O nível de impacto foi tão

Os nomes de empresas e/ou marcas que aparecem nesta página e na seguinte foram utilizados com finalidade didática, sem intenção de propaganda, positiva ou negativa. Eles estão contextualizados e sua omissão pode comprometer o entendimento do tema abordado.

REGISTRE
NO CADERNO



profundo e perverso, ao longo de diversos estratos ecológicos, que é impossível estimar um prazo de retorno da fauna ao local, visando o reequilíbrio das espécies na bacia.”

Das mais de 80 espécies de peixes apontadas como nativas da bacia antes da tragédia, 11 são classificadas como ameaçadas de extinção e 12 são endêmicas do Rio Doce – ou seja, existiam apenas lá. “A mortalidade instantânea é apenas um dos impactos aos organismos aquáticos”, apontam os técnicos. “Muito mais do que os organismos em si, os processos ecológicos responsáveis por produzir e sustentar a riqueza e a diversidade do Rio Doce foram afetados.”

Marcello Lourenco/Iyba



▲ Vista aérea da região litorânea do município de Linhares (ES), com a lama chegando ao mar após o rompimento de barragem da mineradora Samarco, em 2015.

[...]

Foram constatados danos ambientais e sociais diretos, tais como morte e desaparecimento de pessoas; isolamento de áreas habitadas; desalojamento de comunidades pela destruição de moradias e estruturas urbanas; fragmentação de habitats; destruição de áreas de preservação permanente e vegetação nativa; mortandade de animais de produção e impacto à produção rural e ao turismo, com interrupção de receita econômica; restrições à pesca; mortandade de animais domésticos; mortandade de fauna silvestre; dizimação de ictiofauna silvestre em período de defeso; dificuldade de geração de energia elétrica pelas hidrelétricas atingidas; alteração na qualidade e quantidade de água, bem como a suspensão de seus usos para as populações e a fauna, como abastecimento e dessedentação; além da sensação de perigo e desamparo da população em diversos níveis.

De acordo com o documento, a força do volume lançado com o rompimento da barragem pode ter revolido e colocado novamente em suspensão os sedimentos de fundo dos rios afetados, que pelo histórico de uso já continham metais pesados.

As medidas para reparação dos danos à vegetação e dos impactos à fauna, à qualidade da água e socioeconômicos, entre outros, deverão ser realizadas por pelo menos dez anos, avaliam os técnicos do Ibama.

[...]

IBAMA. Onda de rejeitos da Samarco atingiu 663 km de rios e devastou 1.469 hectares de terras. Publicado em: dez. 2015. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/publicadas/onda-de-rejeitos-da-samarco-atingiu-663-km-de-rios-e-devastou-1469-hectares-de-terras>>. Acesso em: mar. 2016.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. De acordo com o texto, quais foram os impactos ambientais e sociais causados pela catástrofe?
2. O texto diz que as medidas de reparação dos danos devem ser executadas ao longo de pelo menos dez anos. Pesquise, com os colegas, a respeito de que ações foram ou ainda são tomadas pelos órgãos governamentais (federal, estaduais e municipais) e pela empresa com relação à mitigação de danos ambientais e sociais. Com os dados, façam uma apresentação na classe e ouçam a apresentação dos colegas. Promovam uma discussão a respeito dos dados obtidos e da responsabilidade social e ambiental que deve ser desenvolvida principalmente nas empresas durante o exercício de suas atividades.



Retomando

Você deve ter percebido, com o estudo deste capítulo, que o equilíbrio ambiental pode ser perturbado de diversas maneiras e que os efeitos disso costumam ser preocupantes. Volte às questões da seção **Pense nisso** e reavalie as respostas que deu. Você consegue identificar novas situações em que houve quebra do equilíbrio ambiental? O que teria causado tal quebra?

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO



Atividade 1 Risco de extinção de espécies Habilidades do Enem: H4, H12, H14, H15, H19.

Onça-pintada corre risco extremo de extinção na Mata Atlântica

Animal que faz parte do topo da cadeia alimentar da Mata Atlântica, a onça-pintada (*Panthera onca*) corre o risco extremo de extinção nesse bioma.

Estudo desenvolvido pelo Cenap (Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos e Carnívoros), instituto criado pelo Ibama, aponta que devem existir somente 250 onças-pintadas adultas na Mata Atlântica, o que representa uma redução de 80% nos últimos 15 anos.

[...] a extinção do animal pode significar o fim da Mata Atlântica em pouco tempo. O felino é predador de herbívoros, como veados e capivaras, e sua falta poderá causar um grande desequilíbrio ambiental.

Uma das principais causas para a redução drástica é a caça, tanto a predatória, identificada na década de 1990, quanto a retaliatória.

[...]

O biólogo Pedro Galetti, especialista em genética da conservação da UFSCar (Universidade Federal de São Carlos), diz que o mais preocupante é que apenas 20% dos indivíduos restantes, ou seja 50 animais, devem estar em idade reprodutiva.

[...]

O ICMBio (Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade) executa desde 2012 o Plano de Ação Nacional para Conservação da Onça-Pintada.

No atual estágio, está sendo feito trabalho de conscientização com comunidades que vivem próximas aos habitats para a redução da caça retaliatória – como o que é realizado no Parque Nacional do Iguaçu.

O instituto também tem realizado reuniões com órgãos fiscalizadores, como as polícias Militar, Civil e Federal, para discutir planos para coibir a caça e apreensão do animal na natureza.

TURTELLI, Camila. Onça-pintada corre risco extremo de extinção na mata atlântica. *Folha de S.Paulo*. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2014/01/1403315-onca-pintada-corre-risco-extremo-de-extincao-na-mata-atlantica.shtml>>. Acesso em: mar. 2016.

- Retire do texto dois dados utilizados que apontem que a onça-pintada pode vir a desaparecer em pouco tempo.
- Com base no texto, enumere os problemas que podem ser causados pelo desaparecimento da onça-pintada e procure estabelecer relações entre eles, ou seja, como cada um deles pode estar ligado ao outro em uma rede de eventos.
- Nos programas de preservação de espécies é importante a atuação da comunidade científica junto às populações locais, fazendo um trabalho de educação e conscientização. Esse tipo de ação é mencionado no texto? Explique por que esses programas são importantes.

Atividade 2 Autodepuração em rio Habilidades do Enem: H4, H10, H12, H17, H30.

Quando o esgoto é descarregado em rios, dependendo da quantidade de efluentes, instaura-se um processo de autodepuração da água o qual vai se completando à medida que se avança rumo à foz. Assim sendo, ao longo do próprio rio (espaço), após o ponto de descarga, os eventos se sucedem tal como ocorreria ao longo do tempo, mas em um lago.

Observe os gráficos a seguir.

Gráfico A

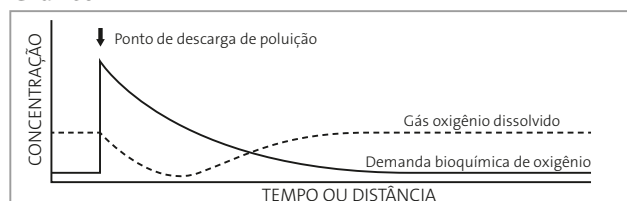


Gráfico B

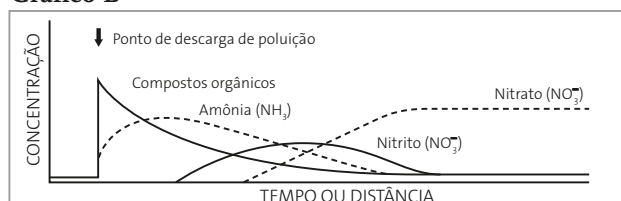
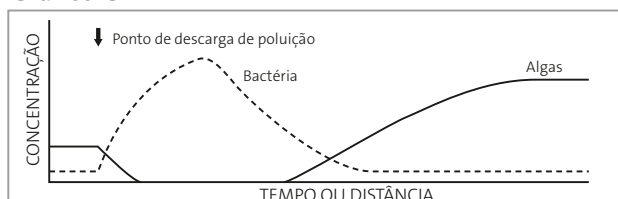


Gráfico C



Fonte: <http://hydrologie.org/BIB/Publ_UNESCO/TP_023_E.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

✎ Efeitos da inserção de um poluente orgânico em um rio e as mudanças que ocorrem em regiões do rio abaixo do ponto de descarga de poluição.

O gráfico **A** mostra o teor de O_2 dissolvido na água e a demanda bioquímica de oxigênio (DBO). A DBO corresponde à quantidade de gás oxigênio que seria necessária para a decomposição aeróbica da matéria orgânica presente – mais matéria orgânica, maior DBO. O gráfico **B** mostra os teores de compostos orgânicos nitrogenados e dos que, um após o outro, vão surgindo ao longo da decomposição da matéria orgânica nitrogenada inicial (NH_3 – amônia; NO_2 – nitrito e NO_3 – nitrato). Desses, o último a ser formado é o nitrato, que serve como nutriente para uma infinidade de organismos fotossintetizantes. O gráfico **C**, finalmente, mostra a abundância de bactérias e algas antes e depois da descarga do esgoto.

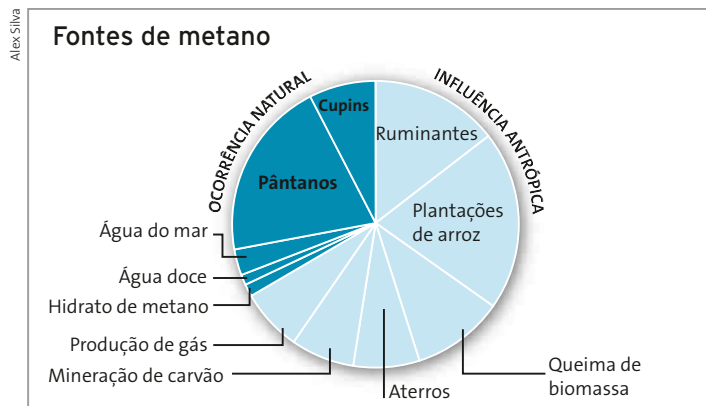
Analise os gráficos e, com base no que estudou no capítulo e em seus conhecimentos, responda:

- Que evidências há no gráfico **A** de que houve poluição orgânica e que houve depuração?
- Que característica do gráfico **B** indica potencial eutroficação do rio?
- Como se explica o aumento da abundância de bactérias no trecho do rio logo após a descarga do esgoto?
- A que se deve o aumento da abundância de algas mais além do ponto de descarga?
- O que precisaria ocorrer para configurar-se um caso de eutroficação do rio, isto é, no trecho representado no eixo horizontal dos gráficos? (Leve em conta as etapas descritas na legenda da figura inicial.)

Atividade 3 Efeito estufa – o metano

Habilidades do Enem: H1, H2, H3, H4, H9, H10, H12, H17, H18, H21, H22, H24, H25, H27, H30.

Enquanto a maior parte dos estudos sobre gases-estufa tem foco no gás carbônico, o metano é 20 vezes mais potente como gás capturador de calor na atmosfera.



Fonte: Departamento de Energia, EUA.

✎ Este gráfico de setores mostra as fontes naturais e antropogênicas e sua importância em termos de proporção de metano liberada para a atmosfera. As fontes naturais incluem áreas alagadas, cupins, decomposição de matéria orgânica no mar e na água doce e metano congelado (hidrato de metano). Fontes afetadas pela atividade humana incluem flatulência dos ruminantes, plantações de arroz em terreno alagado, queima de biomassa, aterros sanitários (depósitos de lixo cobertos com terra), minas de carvão mineral e produção de gás.

Alguns cientistas consideram que o atual aquecimento global poderia levar à liberação de metano armazenado em depósitos no fundo do mar, caso os oceanos se aqueçam substancialmente. Para tratar desse assunto, leia o texto a seguir traduzido de artigo publicado em 2006 pelo Serviço de Notícias sobre o Ambiente (*Environment News Service* – ENS).

O derretimento do *permafrost* russo pode acelerar o aquecimento global

O derretimento do *permafrost*, na Sibéria, está liberando cinco vezes mais metano, um potente causador de efeito estufa, do que se pensava previamente [...].

A equipe de pesquisadores registrou borbulhamento de metano em dois lagos em processo de descongelamento no norte da Sibéria, usando imagens aéreas, sensores remotos e observações ao longo do ano. Os cientistas determinaram que a expansão dos lagos, devido ao degelo das margens causado por um período de aquecimento climático regional, aumentou a liberação de metano em 58%.

O *permafrost* (camada de gelo muito antiga, cobrindo o solo original e incluindo lagos congelados), ao derreter, libera compostos ricos em carbono, originado de plantas e de carcaças. Esse material chega ao fundo dos lagos e é decomposto na ausência de oxigênio, originando metano, que borbulha e escapa para a atmosfera. O metano liberado data do Pleistoceno, há 40 mil anos, de acordo com cientistas norte-americanos.

Um estudo revelou que nos últimos 800 mil anos o metano nunca havia ultrapassado a marca de 750 ppb (partes por bilhão), mas hoje essa concentração é de 1780 ppb.

Cientistas de todo o mundo têm se preocupado com a perspectiva de que o aquecimento global pode aumentar dramaticamente a emissão de metano e CO_2 a partir de fontes naturais, incluindo o *permafrost*, e por isso causar ainda mais aquecimento (o que agrava a situação em um ciclo autoalimentado).

[...]

Fonte: <<http://www.ens-newswire.com/ens/sep2006/2006-09-07-01.asp>>. Acesso em: mar. 2016.
Texto traduzido pelos autores para fins didáticos.

Agora, utilizando informações do gráfico e do texto apresentados, responda às questões a seguir.

- Por que o metano gera preocupações no que se refere ao aquecimento global?
- Entre as fontes de metano relacionadas com a atividade humana, quais são as mais importantes?
- Atualmente, há uma grande preocupação com a perspectiva de grande aumento na queima de carvão mineral na China, para sustentar energeticamente o desenvolvimento econômico do país. Compare o impacto da queima do carvão chinês com o da liberação mais ou menos súbita do metano estocado sob a calota polar ártica. De que maneira a atividade humana na China poderia desencadear a liberação do metano do Ártico?



Testes

REGISTRE
NO CADERNO



- (Enem) As cidades industrializadas produzem grandes proporções de gases como o CO_2 , o principal gás causador do efeito estufa. Isso ocorre por causa da quantidade de combustíveis fósseis queimados, principalmente no transporte, mas também em caldeiras industriais. Além disso, nessas cidades concentram-se as maiores áreas com solos asfaltados e concretados, o que aumenta a retenção de calor, formando o que se conhece por “ilhas de calor”. Tal fenômeno ocorre porque esses materiais absorvem o calor e o devolvem para o ar sob a forma de radiação térmica.
Em áreas urbanas, devido à atuação conjunta do efeito estufa e das “ilhas de calor”, espera-se que o consumo de energia elétrica:
 - diminua devido à utilização de caldeiras por indústrias metalúrgicas.
 - aumente devido ao bloqueio da luz do sol pelos gases do efeito estufa.
 - diminua devido à não necessidade de aquecer a água utilizada em indústrias.
 - x d) aumente devido à necessidade de maior refrigeração de indústrias e residências.
 - diminua devido à grande quantidade de radiação térmica reutilizada.
- (Enem) A atmosfera terrestre é composta dos gases nitrogênio (N_2) e oxigênio (O_2), que somam cerca de 99%, e por gases traços, entre eles o gás carbônico (CO_2), vapor de água (H_2O), metano (CH_4), ozônio (O_3) e o óxido nitroso (N_2O), que compõem o restante 1% do ar que respiramos. Os gases traços, por serem constituídos por pelo menos três átomos, conseguem absorver o calor irradiado pela Terra, aquecendo

o planeta. Esse fenômeno, que acontece há bilhões de anos, é chamado de efeito estufa. A partir da Revolução Industrial (século XIX), a concentração de gases traços na atmosfera, em particular o CO_2 , tem aumentado significativamente, o que resultou no aumento da temperatura em escala global. Mais recentemente, outro fator tornou-se diretamente envolvido no aumento da concentração de CO_2 na atmosfera: o desmatamento.

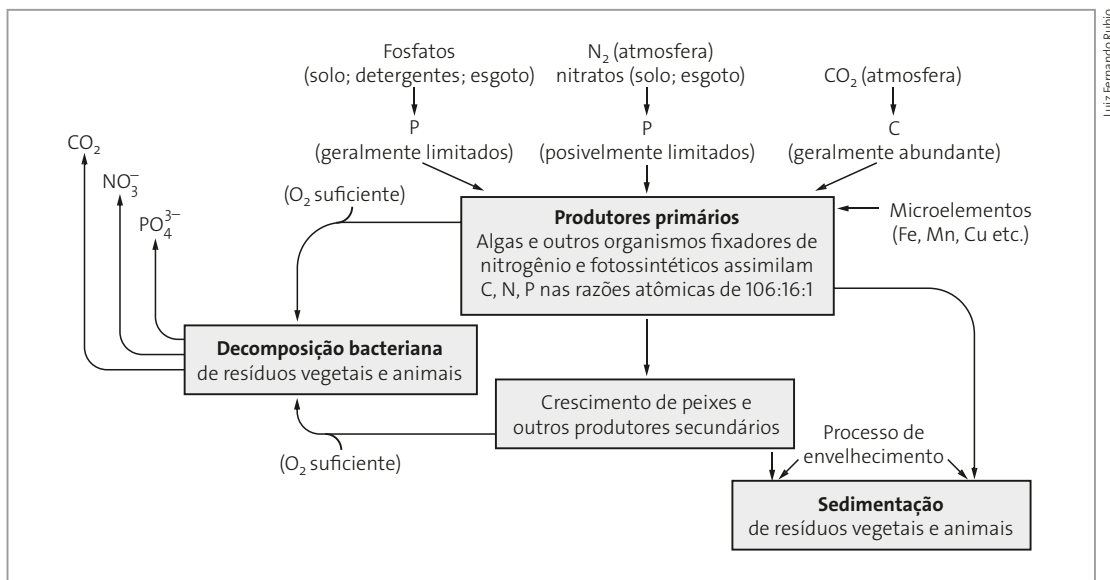
BROWN, I. F.; ALECHANDRE, A. S. Conceitos básicos sobre clima, carbono, florestas e comunidades. A. G. Moreira & S. Schwartzman. *As mudanças climáticas globais e os ecossistemas brasileiros*. Brasília: Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, 2000 (adaptado).

Considerando o texto, uma alternativa viável para combater o [aumento do] efeito estufa é

- a) reduzir o calor irradiado pela Terra mediante a substituição da produção primária pela industrialização refrigerada.
 - b) promover a queima da biomassa vegetal, responsável pelo aumento do efeito estufa devido à produção de CH_4 .
 - x c) reduzir o desmatamento, mantendo-se, assim, o potencial da vegetação em absorver o CO_2 da atmosfera.
 - d) aumentar a concentração atmosférica de H_2O , molécula capaz de absorver grande quantidade de calor.
 - e) remover moléculas orgânicas polares da atmosfera, diminuindo a capacidade delas de reter calor.
3. (Enem) Pesticidas são contaminantes ambientais altamente tóxicos aos seres vivos e, geralmente, com grande persistência ambiental. A busca por novas formas de eliminação dos pesticidas tem aumentado nos últimos anos, uma vez que as técnicas atuais são economicamente dispendiosas e paliativas. A biorremediação de pesticidas utilizando microrganismos tem se mostrado uma técnica muito promissora para essa finalidade, por apresentar vantagens econômicas e ambientais. Para ser utilizado nesta técnica promissora, um microrganismo deve ser capaz de:
- a) transferir o contaminante do solo para a água.
 - b) absorver o contaminante sem alterá-lo quimicamente.
 - c) apresentar alta taxa de mutação ao longo das gerações.
 - d) estimular o sistema imunológico do homem contra o contaminante.
 - x e) metabolizar o contaminante, liberando subprodutos menos tóxicos ou atóxicos.

4. (Enem) O caramujo gigante africano, *Achatina fulica*, é uma espécie exótica que tem despertado o interesse das autoridades brasileiras, uma vez que tem causado danos ambientais e prejuízos econômicos à agricultura. A introdução da espécie no Brasil ocorreu clandestinamente, com o objetivo de ser utilizada na alimentação humana. Porém, o molusco teve pouca aceitação no comércio de alimentos, o que resultou em abandono e liberação intencional das criações por vários produtores. Por ser uma espécie herbívora generalista (alimenta-se de mais de 500 espécies diferentes de vegetais), com grande capacidade reprodutiva, tornou-se uma praga agrícola de difícil erradicação. Associada a isto, a ausência de predadores naturais fez com que ocorresse um crescimento descontrolado da população. O desequilíbrio da cadeia alimentar observado foi causado pelo aumento da densidade populacional de
- a) consumidores terciários, em função da elevada disponibilidade de consumidores secundários.
 - x b) consumidores primários, em função da ausência de consumidores secundários.
 - c) consumidores secundários, em função da ausência de consumidores primários.
 - d) consumidores terciários, em função da elevada disponibilidade de produtores.
 - e) consumidores primários, em função do aumento de produtores.
5. (Enem) O potencial brasileiro para transformar lixo em energia permanece subutilizado – apenas pequena parte dos resíduos brasileiros é utilizada para gerar energia. Contudo, bons exemplos são os aterros sanitários, que utilizam a principal fonte de energia ali produzida. Alguns aterros vendem créditos de carbono com base no Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), do Protocolo de Kyoto.
- Essa fonte de energia subutilizada, citada no texto, é o
- a) etanol, obtido a partir da decomposição da matéria orgânica por bactérias.
 - b) gás natural, formado pela ação de fungos decompositores da matéria orgânica.
 - c) óleo de xisto, obtido pela decomposição da matéria orgânica pelas bactérias anaeróbias.
 - x d) gás metano, obtido pela atividade de bactérias anaeróbias na decomposição da matéria orgânica.
 - e) gás liquefeito de petróleo, obtido pela decomposição de vegetais presentes nos restos de comida.

6. (Enem) A eutrofização é um processo em que rios, lagos e mares adquirem níveis altos de nutrientes, especialmente fosfatos e nitratos, provocando posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição. Os nutrientes são assimilados pelos produtores primários e o crescimento desses é controlado pelo nutriente limitrofe, que é o elemento menos disponível em relação à abundância necessária à sobrevivência dos organismos vivos. O ciclo representado na figura seguinte reflete a dinâmica dos nutrientes em um lago.



A análise da água de um lago que recebe a descarga de águas residuais provenientes de lavouras adubadas revelou as concentrações dos elementos carbono (21,2 mol/L), nitrogênio (1,2 mol/L) e fósforo (0,2 mol/L).

Nessas condições, o nutriente limitrofe é o:

- a) C. ☒ b) N. c) P. d) CO_2 . e) PO_4^{3-} .
7. (Enem) A indústria têxtil utiliza grande quantidade de corantes no processo de tingimento dos tecidos. O escurecimento das águas dos rios causado pelo despejo desses corantes pode desencadear uma série de problemas no ecossistema aquático. Considerando esse escurecimento das águas, o impacto negativo inicial que ocorre é o(a)
- a) eutrofização.
b) proliferação de algas.
☒ c) inibição da fotossíntese.
d) fotodegradação da matéria orgânica.
e) aumento da quantidade de gases dissolvidos.
8. (Uel-PR) A prática da queimada, utilizada por agricultores para facilitar o plantio, tem efeitos prejudiciais para o solo. Assinale a alternativa que apresenta corretamente o efeito da alta temperatura no solo durante a queimada.
- a) Incorporação do carbono em compostos orgânicos produzidos em altas temperaturas.
b) Perda de nitrogênio causada pela sua incorporação em compostos insolúveis, formados pelas cinzas.
c) Aumento da concentração de íons hidrogênio, levando à acidez e à diminuição do oxigênio.
☒ d) Eliminação de microrganismos responsáveis pelo processo de degradação da matéria orgânica.
e) Absorção de monóxido de carbono e compostos inorgânicos pelas bactérias nitrificantes, causando baixa fertilidade do solo.
9. (UFPE-PE) No Brasil, parte do lixo domiciliar é enviado para lixões, o que compromete bastante o meio ambiente. Entre os fatores que justificam esse comprometimento, estão:
1. A infiltração de materiais nos lençóis de água subterrânea.
 2. A liberação de gases tóxicos.
 3. A proliferação de roedores e de insetos.
- Está(ão) correta(s):
- a) 1 apenas.
b) 1 e 2 apenas.
c) 1 e 3 apenas.
d) 2 e 3 apenas.
☒ e) 1, 2 e 3.

Origem da vida e Biologia Celular

“ Às vezes acredito que há vida em outros planetas, às vezes acredito que não. Em qualquer dos casos, a conclusão é assombrosa.”

Carl Sagan (1934-1996), astrônomo estadunidense.

Nature P/Ulrich Freund/Diomedea

Estromatólitos na Baía dos Tubarões, na Austrália. Essas estruturas que parecem apenas rochas, desprovidas de vida, são na realidade formações de origem orgânica e sedimentar derivadas da ação de diversas espécies de seres procariontes, como as cianobactérias. Em estromatólitos fósseis estão os registros das primeiras células que surgiram na Terra.

Das origens aos dias de hoje

André Seale/Pulsar Imagens



Figura 7.1. Apesar de todo o avanço da ciência, podemos afirmar que conhecemos apenas pequena parte da imensa variedade de organismos que vivem em nosso planeta; nada sabemos ainda sobre a existência de vida fora da Terra. Como os seres vivos surgiram e evoluíram é tema de constantes debates. A Biologia, ciência que se ocupa do estudo da vida, ainda tem muito a desvendar. Uma coisa se sabe: a vida depende da água, como pode ser visto nessa fotografia do Parque Nacional de Fernando de Noronha, estado de Pernambuco. O oceano, possível local de origem dos primeiros seres vivos, abriga uma riquíssima variedade de espécies e fornece alimento para outras, como esses atobás. Isso nos alerta a respeito da importância da preservação dos ambientes aquáticos, fundamental para a manutenção da vida.



Pense nisso

- Se você fosse procurar vida em outros planetas, que critérios usaria para considerar a possibilidade de haver seres vivos?
- Como você acha que era o primeiro organismo vivo que apareceu em nosso planeta? Como acha que ele surgiu?
- Além de água, do que esse primeiro organismo precisava para sobreviver? Explique.
- Em sua opinião, as condições ambientais e os seres vivos em nosso planeta foram sempre como os de hoje? Explique sua resposta.

1. Introdução

Será que a Terra sempre foi como nós a conhecemos hoje? Como se originaram os primeiros seres vivos e como teriam esses seres evoluído e gerado a imensa diversidade de formas vivas que habitam hoje o nosso planeta? Desde a Antiguidade, essas questões preocupam o ser humano, mas respondê-las não é simples, pois não é possível retroceder no tempo e ver como a vida se originou e evoluiu.

Entretanto, é possível pautar nossos conhecimentos em evidências geológicas, químicas, físicas e biológicas, observadas e baseadas em fatos, para tentar

propor hipóteses sobre a origem da vida. A Astrobiologia, uma área crescente dentro das ciências, investiga a origem, a evolução, a distribuição e o futuro da vida no Universo. É um campo de estudos interdisciplinar que, além das ciências já citadas, emprega ferramentas matemáticas e computacionais para tratamento dos dados e elaboração de modelos.

Neste capítulo, vamos ver como os cientistas, ao longo da história, interpretam evidências, no anseio de compreender a origem e a evolução dos seres vivos.

Professor(a), estimule os estudantes a retomar o que já foi visto a respeito de metodologia científica, pois isso vai ajudá-los a acompanhar toda a unidade 2.

2. A origem dos seres vivos

Em textos literários antigos, encontramos citações sobre a origem de sapos a partir da lama. Essa noção, de que os seres vivos surgem a partir da matéria inanimada (elementos não vivos), perdurou desde a Antiguidade até o século XIX e ficou conhecida como **teoria da geração espontânea** ou **abiogênese** (do grego: *a* = prefixo de negação; *bio* = vida; *gênesis* = origem).

Uma longa discussão entre diversos pesquisadores ocorreu nesse período, até que a **teoria da biogênese** fosse aceita. Segundo essa teoria, um ser vivo só surge de outro ser vivo preexistente.

Vamos abordar essa longa discussão de modo resumido, citando apenas alguns dos trabalhos e pesquisadores envolvidos. Sempre que se analisa uma longa discussão histórica, deve-se ter em mente que a ciência não evolui de forma linear e que são citados apenas alguns dos fatos que ocorreram na época. Em geral, os pesquisadores baseiam-se em uma série de observa-

ções da natureza, de avanços teóricos e conceituais da ciência, além do trabalho de outros pesquisadores. Assim, ao fazermos a síntese de uma história científica com mais de 2 mil anos de duração, tratando de apenas alguns experimentos e pesquisadores, não pretendemos que você tenha uma ideia equivocada do que ocorreu nesse período, pensando que somente essas pessoas estão envolvidas.

Aristóteles, um importante filósofo grego que viveu de 384 a.C. a 322 a.C. e cujas ideias influenciaram diversas áreas do conhecimento, estudou detalhadamente a anatomia e o processo de reprodução sexuada de vários animais, mas aceitava a geração espontânea para seres cujo processo de reprodução desconhecia.

De Aristóteles até o fim do século XIX vários estudos foram feitos, mas vamos citar apenas os realizados por Francesco Redi em 1668, John T. Needham em 1745, Lazzaro Spallanzani em 1770 e Pasteur em 1860.

2.1. Biogênese versus abiogênese



Despertando ideias

REGISTRE
NO CADERNO



“Bicho da goiaba, goiaba é!”

Essa frase faz parte da cultura popular. Será que tem algum fundamento científico?

Suponha que você, ao comer uma goiaba que apresentava uma casca aparentemente intacta, encontre uma larva branca dentro do fruto. Esse é o bicho da goiaba.

Dê duas versões que expliquem a presença da larva dentro do fruto: uma de acordo com a ideia de geração espontânea e outra de acordo com a atual teoria da biogênese. Você pode recorrer a outras fontes de consulta para descobrir mais a respeito dos “bichos da goiaba”.

Proponha um experimento que possa testar suas explicações e descreva os possíveis resultados.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Figura 7.2. Fotografia de goiaba com larva, popularmente chamada de “bicho da goiaba”. Comprimento máximo da larva: 12 mm.

Fabio Colombini

Os experimentos de Redi

Em 1668, Francesco Redi (1626-1697) investigou a suposta origem de vermes na carne em decomposição. Na época, o surgimento desses vermes era interpretado como fruto de geração espontânea. No entanto, Redi questionava essa interpretação, pois notava que moscas são atraídas pelos corpos em decomposição e neles colocam seus ovos. Dessos ovos, surgem as larvas, que se transformam em moscas adultas. Como as larvas são vermiformes, os “vermes” que ocorrem nos corpos em decomposição nada mais seriam que larvas de moscas. Redi concluiu, então, que essas larvas não surgem espontaneamente a partir da decomposição da carne, mas são resultantes da eclosão dos ovos postos por moscas atraídas pelo corpo em decomposição.

Para testar sua hipótese, Redi realizou o seguinte experimento: colocou pedaços de carne crua dentro de frascos, deixando alguns cobertos com gaze e outros completamente abertos. De acordo com a teoria da

abiogênese, deveriam surgir vermes ou nascer moscas a partir da decomposição da própria carne tanto em frascos abertos quanto em frascos cobertos com gaze. Isso, entretanto, não aconteceu. Nos frascos mantidos abertos, Redi verificou ovos, larvas e moscas sobre a carne, mas nos frascos cobertos com gaze nenhuma dessas formas foi encontrada (Fig. 7.3).

Esse experimento apoiou a hipótese de Redi e mostrou que não havia geração espontânea de vermes em corpos em decomposição.

Entretanto, para outros casos, Redi aceitava a ideia de geração espontânea. Por exemplo, para ele essa ideia explicaria o surgimento de vermes parasitas do intestino humano.

Na época em que Redi realizou seus experimentos, o microscópio já havia sido inventado e microrganismos já haviam sido observados. Muita discussão também foi gerada sobre a origem dessas formas de vida, que na época eram chamadas de “animálculos” ou “infusórios” (e hoje chamamos de microrganismos).

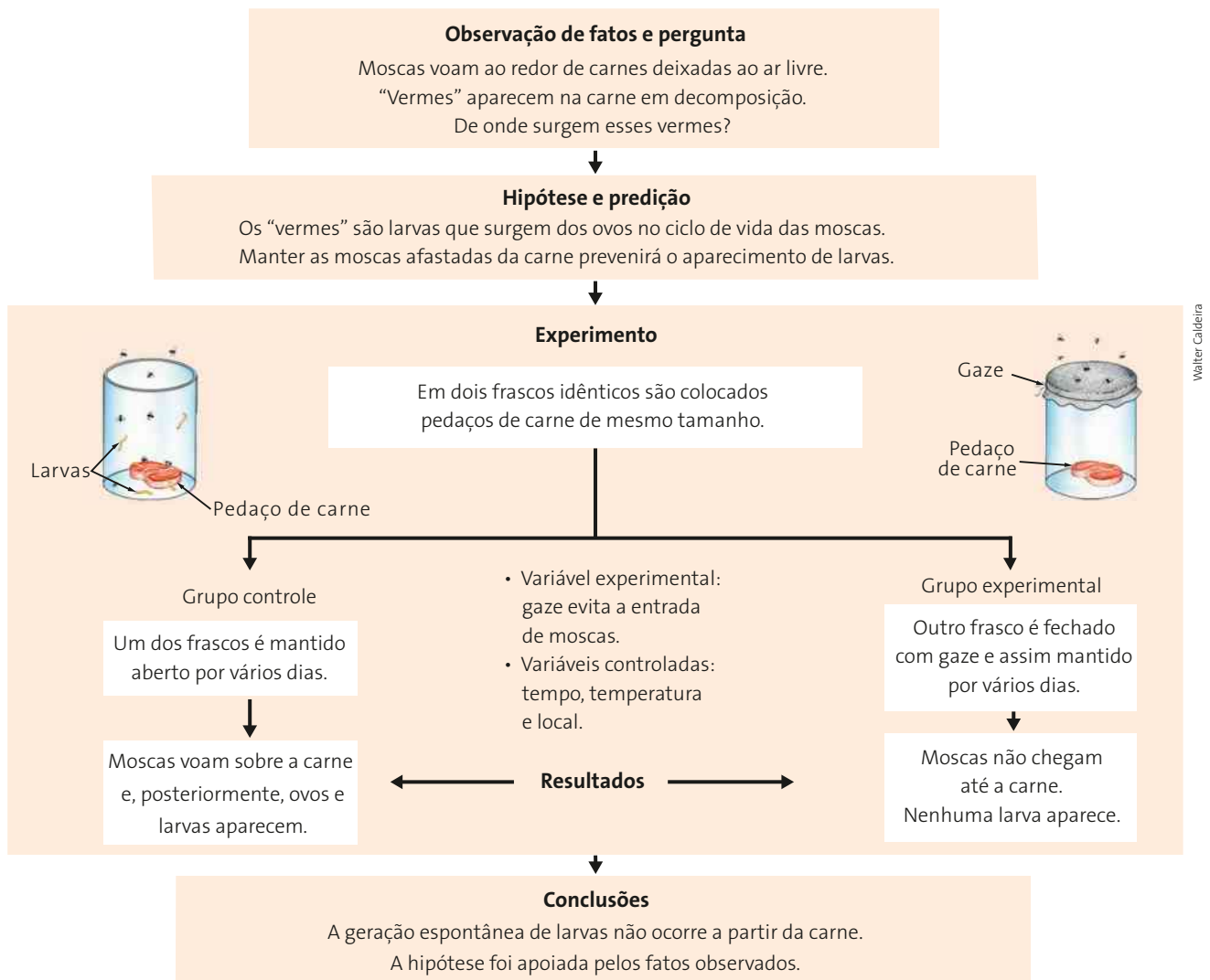


Figura 7.3. Esquema do questionamento, da hipótese, do experimento, dos resultados e das conclusões de Redi.

Os experimentos de Needham e Spallanzani

John Turberville Needham (1713-1781) começou a desenvolver seu interesse pela natureza observando e descrevendo, com o auxílio dos microscópios, pequenos seres com movimentos, os quais eram na época chamados de animálculos. Ele desenvolveu uma série de experimentos que, segundo suas ideias, traziam evidências de que os animálculos eram gerados espontaneamente.

Em seu principal experimento, apresentado em 1748, Needham preparava um caldo de carne de carneiro e o distribuía, ainda quente, em diversos frascos, que eram fechados com rolhas e deixados em repouso por alguns dias. Desse modo, ele pretendia descobrir se as formas de vida eram produzidas a partir de algo de fora dos frascos ou a partir do próprio caldo nutritivo. Ao examinar essas soluções ao microscópio, Needham observava animálculos, o que o fazia concluir que eles tinham surgido espontaneamente dos caldos. Diante desses resultados, Needham interpretou que a solução nutritiva continha uma “força vital”, responsável pelo surgimento das formas vivas.

O naturalista italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799) e alguns outros cientistas contestavam as interpretações de Needham. Eles consideravam que os seres microscópicos observados por Needham poderiam vir de ovos que estavam no ar, nas paredes dos frascos ou no próprio caldo. Spallanzani era adepto da teoria da biogênese.

Spallanzani repetiu os experimentos de Needham com algumas modificações e obteve resultados diferentes. Em seus experimentos, ele colocou substâncias nutritivas em balões de vidro, submeteu-os à fervura e em seguida fechou-os usando um maçarico, que derretia o próprio vidro do balão e o selava hermeticamente. Deixava resfriar por alguns dias e então abria os frascos e observava o líquido ao microscópio. Nenhum organismo estava presente.

Spallanzani defendeu seus resultados em uma publicação de 1765, explicando que Needham não havia fervido sua solução nutritiva por tempo suficiente para matar todos os animálculos existentes nela e, assim, esterilizá-la. Needham, em 1769, respondeu a essa crítica dizendo que, ao ferver por muito tempo as substâncias nutritivas, Spallanzani havia destruído a “força vital” e, fechando os frascos hermeticamente, tornava o ar desfavorável ao aparecimento da vida. Spallanzani fez outros experimentos para combater as críticas de Needham, mas a controvérsia entre eles, naquela época, não se resolveu.

Needham e Spallanzani eram experimentadores muito competentes, que utilizaram técnicas e meto-

dologias inovadoras para o período histórico em que viveram. Os dois fizeram diversos experimentos para testar suas ideias, mas nenhum deles abandonou suas hipóteses, mesmo após as análises de seus resultados.

Conhecer episódios históricos que se desenvolvem em torno de uma controvérsia científica é importante, pois nos permite perceber que, muitas vezes, as tomadas de decisão em favor de uma ou outra hipótese são influenciadas pela visão dos pesquisadores acerca da questão. Foi o que aconteceu no episódio com esses dois naturalistas.

Na época em que esses pesquisadores viveram, a corrente de pensamento mais aceita era o **vitalismo**. Os vitalistas propunham que, se os movimentos dos astros eram explicados por uma força invisível (ou essência), também deveria existir uma essência da vida ou força vital. A queda do vitalismo ocorreu devido ao fracasso de muitos experimentos destinados a verificar a existência de uma força vital unificadora. Entre esses experimentos destaca-se o de Pasteur, que comentaremos a seguir.

Os experimentos de Pasteur

Por volta de 1860, Louis Pasteur (1822-1895) realizou experimentos com balões de vidro e infusões, aplicando a técnica de Spallanzani para esticar o pescoço do balão com o uso do fogo. No caso de Pasteur, o pescoço era curvo e mantido aberto, sendo chamado de pescoço de cisne (Fig. 7.4).



Robert Thom/Superstock/Grupo Keystone/Coleção particular

Figura 7.4. Parte de gravura que retrata Louis Pasteur em seu laboratório, examinando um balão com líquido esbranquiçado, que corresponde àquele em que houve crescimento de microrganismos, ficando contaminado, e outro com líquido transparente, que corresponde ao estéril.

Os experimentos de Pasteur estão descritos e esquematizados na **figura 7.5**. Analise-a antes de prosseguir com a leitura do texto.

No balão intacto, esses microrganismos não conseguem chegar até o líquido nutritivo e estéril, pois ficam retidos no filtro formado pelas gotículas de água surgidas no pescoço do balão durante o resfriamento. Já nos frascos em que o pescoço é quebrado, esse filtro deixa de existir, e os microrganismos presentes no ar podem entrar em contato com o líquido nutritivo,

onde se proliferam ao encontrar condições adequadas para seu desenvolvimento. Assim, o ar contém microrganismos que se desenvolvem no líquido nutritivo. Não há uma “força vital”, como diziam os defensores da abiogênese.

Os experimentos realizados por Pasteur contribuíram para reforçar a hipótese da biogênese, que passou a ser mais aceita. Outros pesquisadores ainda continuaram a defender a teoria da geração espontânea por algum tempo, travando debates calorosos com Pasteur.

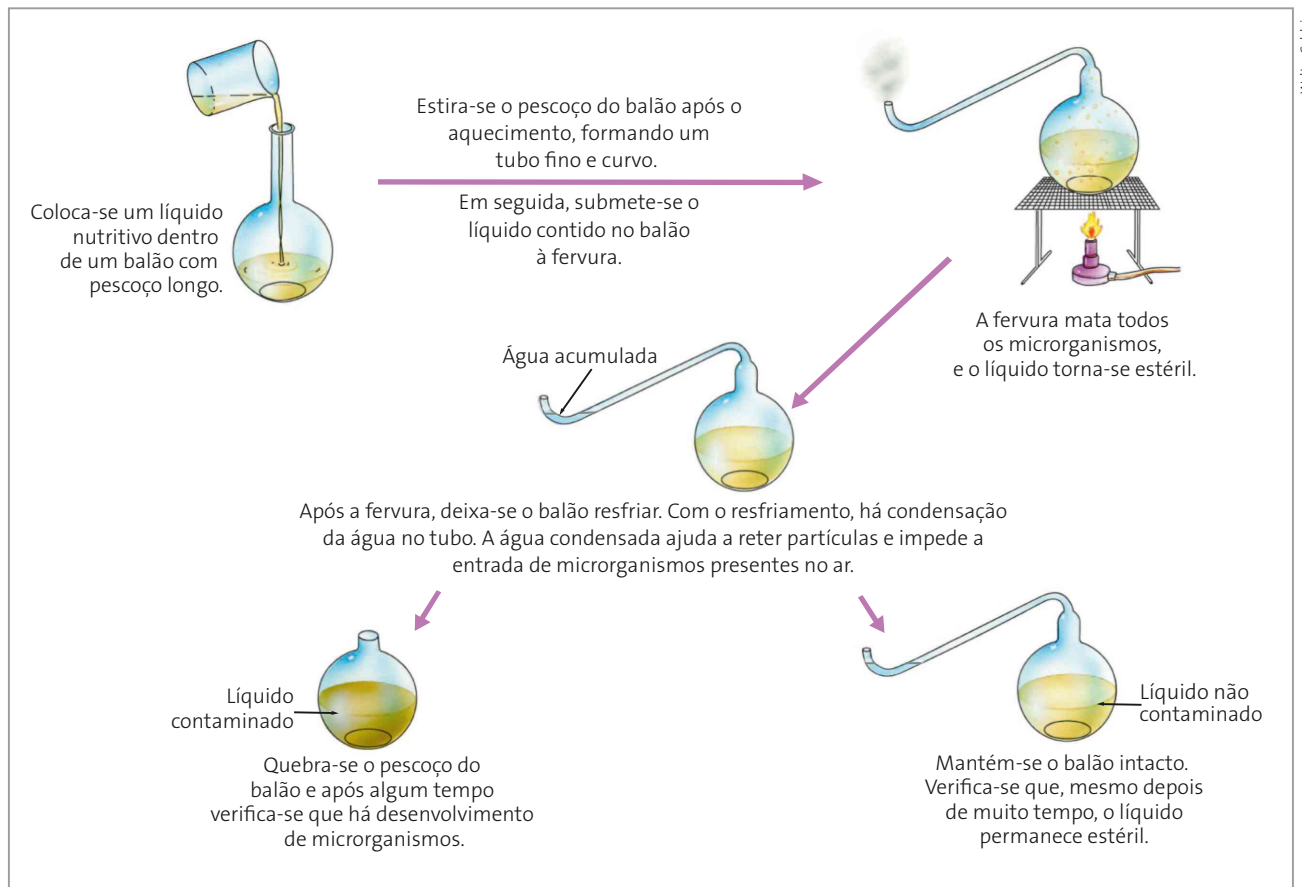


Figura 7.5. Esquema resumindo os experimentos conduzidos por Pasteur. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Colocando em foco

ALGUNS DOS FEITOS DE PASTEUR

Louis Pasteur fez contribuições muito importantes para a Microbiologia e a Medicina. Ele introduziu mudanças nas práticas hospitalares, minimizando a disseminação de doenças provocadas por microrganismos. Descobriu que a raiva (ou hidrofobia) era transmitida por um agente que não podia ser visto ao microscópio, revelando assim o mundo dos vírus. Desenvolveu técnicas para vacinar cachorros contra a raiva e tratar pessoas mordidas por cães contaminados. Pasteur desenvolveu ainda um processo conhecido como **pasteurização**, por meio do qual os alimentos ficam livres de microrganismos, que são destruídos pelo aquecimento a temperaturas não muito altas, seguido de resfriamento brusco, sem deteriorar os alimentos.

3. A origem dos primeiros seres vivos

A aceitação da biogênese gerou novo questionamento: se todos os seres vivos surgem de outros preexistentes, como surgiu o primeiro?

Vamos analisar algumas das explicações científicas que buscam responder a essa questão.

3.1. Origem extraterrestre (panspermia)

De acordo com a panspermia, os seres vivos se originaram em outros planetas ou corpos celestes. Eles teriam sido trazidos para a Terra como esporos ou outras formas de resistência, aderidos a meteoritos, que caíram e continuam a cair em nosso planeta.

A panspermia não é muito esclarecedora, pois, se a vida não se formou na Terra, mas em outro planeta, como foi que surgiu a vida lá? Embora ainda não tenhamos a resposta para essa pergunta, estudos recentes têm mostrado a presença de compostos orgânicos, especialmente aminoácidos, que são os blocos construtores das proteínas, em meteoritos e cometas. Em um meteorito que caiu na Austrália em 1969, por exemplo, verificou-se boa quantidade de aminoácidos e, em 2009, foi constatada a presença de moléculas de um tipo de aminoácido na cauda de um cometa.

Esses dados reforçam a ideia de que compostos orgânicos são comuns no Universo e que eles podem ter sido parte dos “ingredientes” que propiciaram a origem da vida. Assim, os seres vivos não teriam sido

trazidos para cá já formados; apenas moléculas orgânicas simples teriam vindo dessa maneira.

Para entender um pouco mais esse assunto, teremos de recorrer a conceitos bem estudados em Física. Supõe-se que toda a matéria que compõe o Universo atual estivesse comprimida em um ponto extremamente pequeno que teria sofrido uma grande e rápida expansão de espaço e de matéria, formando de uma só vez todo o Universo. Essa grande expansão é denominada **big bang** e, segundo cálculos dos pesquisadores, ocorreu há 14 bilhões de anos. A expansão do Universo é percebida até os dias de hoje, trazendo subsídios a favor dessa teoria.

Após o **big bang**, e com a matéria proveniente dele, teria surgido o nosso Sistema Solar. Se considerarmos que toda a matéria do Universo deriva de um só evento, o **big bang**, pode-se esperar certa homogeneidade na composição química dos corpos celestes.

Por meio de técnicas de datação, estima-se que há cerca de 4,5 bilhões de anos a Terra já estivesse formada. Mesmo depois de formada, a Terra continuou e ainda continua a receber meteoritos, além de materiais derivados da cauda dos cometas. Atualmente, caem por ano na Terra cerca de 40 mil toneladas de poeira derivada dos cometas e esse fluxo deve ter sido de cem a mil vezes mais elevado no início da formação da Terra. Não se sabe, no entanto, se a quantidade de aminoácidos vinda de fora da Terra teria sido suficiente para possibilitar a origem da vida, e, por isso, a proposta da panspermia não traz todas as respostas.



Colocando em foco

SERÁ QUE ESTAMOS SOZINHOS NO UNIVERSO?

A vida que se desenvolveu na Terra reflete a natureza do nosso planeta. Se estivesse mais longe do Sol, a Terra seria mais fria, e a água seria sólida. Se estivesse mais próxima do Sol, ela seria muito mais quente e não existiria água líquida, só sob a forma de vapor. O desenvolvimento de seres vivos como conhecemos só é possível dentro dos limites de variação de temperatura que ocorrem na Terra, e essas temperaturas estão relacionadas com a distância entre o nosso planeta e o Sol. O tamanho da Terra também é importante, pois se fosse menor ela não teria campo gravitacional suficiente para manter os gases em nossa atmosfera, e se fosse maior teria um campo gravitacional muito grande, retendo uma atmosfera muito densa, o que reduziria a incidência da luz solar na superfície.

Estima-se que no Universo existam muitos planetas com características físicas semelhantes às da Terra. Há cerca de 100 000 000 000 000 000 000 de estrelas no Universo com características físicas semelhantes às do Sol. Pelo menos cerca de 10% dessas estrelas devem possuir sistema planetário ao seu redor, como o nosso Sistema Solar. Se apenas 1 em 10 000 planetas tiver o tamanho equivalente ao da Terra e estiver à mesma distância do seu sol, vida semelhante à nossa pode ter surgido em pelo menos 1 000 000 000 000 000 de planetas!

3.2. Origem por evolução química

Segundo a hipótese da origem por evolução química, os seres vivos devem ter surgido da matéria inanimada, com associações entre as moléculas, formando substâncias cada vez mais complexas, que acabaram se organizando de modo a formar os primeiros organismos. Essa hipótese foi inicialmente formulada de maneira independente na década de 1920 por Aleksander Ivanovich Oparin, bioquímico russo (1894-1980), e John Burdon Sanderson Haldane, biólogo inglês (1892-1964).

Apesar de existirem diferenças entre as propostas desses cientistas, há ideias semelhantes.

Vamos apresentar uma síntese das ideias desses cientistas.

As condições ambientais da Terra antes do surgimento dos primeiros seres vivos eram muito diferentes das atuais. As erupções vulcânicas eram bastante frequentes, liberando grande quantidade de gases e de partículas para a atmosfera. Esses gases e partículas ficaram retidos por ação da força da gravidade e passaram a compor a atmosfera da época.

Esses autores propuseram que a atmosfera primitiva da Terra em seus primórdios era formada principalmente por metano (CH_4), amônia (NH_3), gás hidrogênio (H_2) e vapor-d'água (H_2O). Nessa época, a Terra continuava o processo de resfriamento; os vapores-d'água condensavam-se originando nuvens, que provocavam chuvas constantes. Isso permitiu o acúmulo da água nas depressões da crosta, formando os mares.

As descargas elétricas e as radiações eram intensas e teriam fornecido energia para que algumas moléculas

presentes na atmosfera se unissem, dando origem a moléculas maiores e mais complexas: as primeiras moléculas orgânicas. É importante lembrar que na atmosfera daquela época, diferentemente do que ocorre hoje, não havia o escudo de ozônio (O_3) barrando as radiações ultravioleta, que, assim, atingiam a Terra com grande intensidade.

As moléculas orgânicas formadas eram arrastadas pelas águas das chuvas e passavam a se acumular nos mares primitivos, que eram quentes e rasos. Esse processo, repetindo-se ao longo de muitos anos, teria transformado os mares da época em verdadeiras “sopas nutritivas”, ricas em matéria orgânica. Essas moléculas orgânicas poderiam ter se agregado, formando o que Oparin chamou de **coacervatos** (do latim: *coacervare* = formar grupos), conjuntos de moléculas orgânicas reunidas em grupos, envoltos por moléculas de água.

Os coacervatos não são considerados seres vivos, mas uma primitiva organização de substâncias orgânicas em um sistema semi-isolado do ambiente, com possibilidade de realizar trocas com o meio externo, e de manter um meio interno mais protegido, onde as reações químicas poderiam ocorrer de modo mais controlado.

Não se sabe como a primeira célula surgiu, mas pode-se supor que, se foi possível o surgimento de um sistema organizado como os coacervatos, podem ter surgido sistemas equivalentes, envoltos por membrana, com capacidade de reprodução e regulação das reações internas. Nesse momento teriam surgido os primeiros seres vivos (Fig. 7.6).

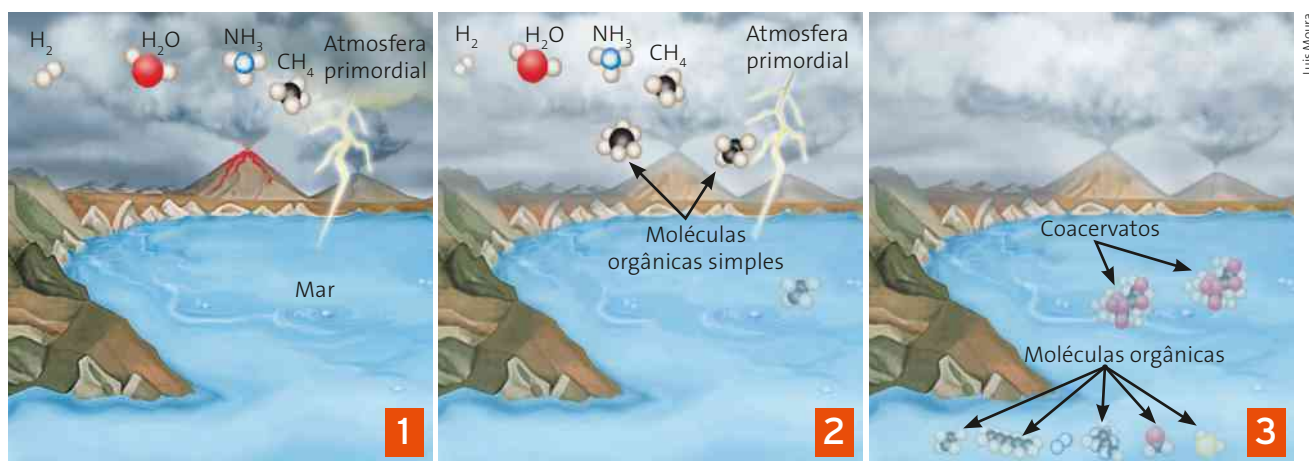


Figura 7.6. Esquema sintetizando as ideias sobre a origem dos seres vivos por evolução química. No quadro 1, a atmosfera com gás hidrogênio (H_2), vapor-d'água (H_2O), amônia (NH_3) e metano (CH_4). Em 2, surgimento dos compostos orgânicos na atmosfera pela ação de descargas elétricas e radiação ultravioleta; essas moléculas foram levadas para o mar pelas águas das chuvas constantes. Em 3, formação de coacervatos nos mares primitivos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

O experimento de Miller-Urey

A possibilidade de ter ocorrido evolução gradual dos sistemas químicos foi testada pela primeira vez pelo químico estadunidense **Stanley L. Miller** (1953-2007), em 1953 (Fig. 7.7). Na época, Miller trabalhava com **Harold C. Urey** (1893-1981), na Universidade de Chicago, razão pela qual muitos preferem dizer **experimento de Miller-Urey**.

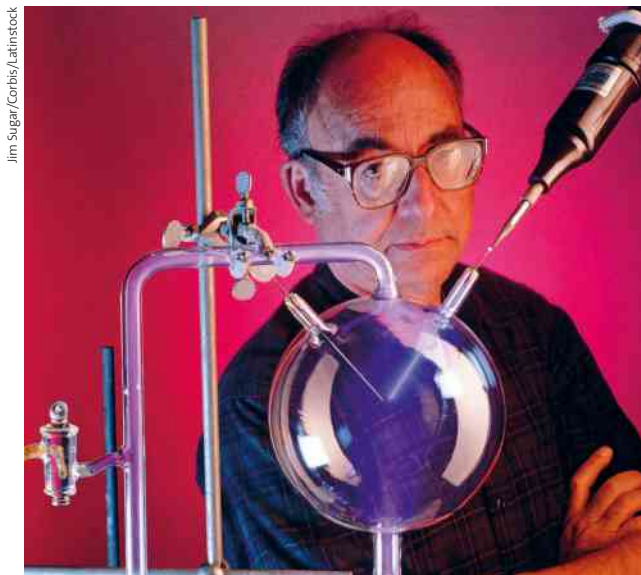


Figura 7.7. Fotografia de Stanley L. Miller, em 1994, e parte do equipamento que construiu para simular as condições da Terra em seus primórdios.

Miller construiu um aparelho que simulava as condições da Terra em seus primórdios com base na hipótese de Oparin e Haldane. Assim, introduziu no aparelho os componentes que provavelmente constituíam a atmosfera naquela época: amônia (NH_3), hidrogênio (H_2), metano (CH_4) e vapor-d'água (H_2O) (Fig. 7.8).

A água, ao ser fervida, transforma-se em vapor e promove a circulação em todo o sistema, em um só sentido. No balão em que se encontra a mistura gasosa ocorrem descargas elétricas, simulando os raios que, nos primórdios da Terra, deviam ocorrer com frequência elevada. Após as descargas elétricas, os materiais são submetidos a um resfriamento para simular a condensação nas altas camadas da atmosfera, que provoca as chuvas. A parte em **U** desse sistema simula os mares da época, que recebiam as chuvas e os compostos formados na atmosfera.

Pela análise da água contida nessa parte em **U**, pode-se verificar a formação de moléculas orgânicas, entre elas alguns aminoácidos, unidades que formam as proteínas.

A composição da atmosfera primordial, no entanto, tem sido questionada. Atualmente, muitos cientistas têm proposto que não havia amônia nem metano na atmosfera da Terra naquela época. Assim, essas substâncias não poderiam ter participado da formação das primeiras moléculas orgânicas, como foi proposto por Oparin e Haldane e apoiado experimentalmente por Miller e Urey.

Nessa outra visão, a atmosfera primitiva seria rica em gás carbônico, vapor-d'água e nitrogênio (N_2).

Realizando experimentos semelhantes aos de Miller, mas com várias outras combinações de gases, cientistas têm conseguido formar moléculas orgânicas em certos casos e em outros, não. Isso indica que substâncias orgânicas poderiam ter se formado nas condições da Terra primordial, mas apenas em certas situações especiais. Hoje se sabe que as condições descritas por Oparin e Haldane ocorrem nas plumas vulcânicas. Assim, é possível que parte da matéria orgânica tenha sido formada dessa maneira, próximo aos locais de atividade vulcânica, comum na época.

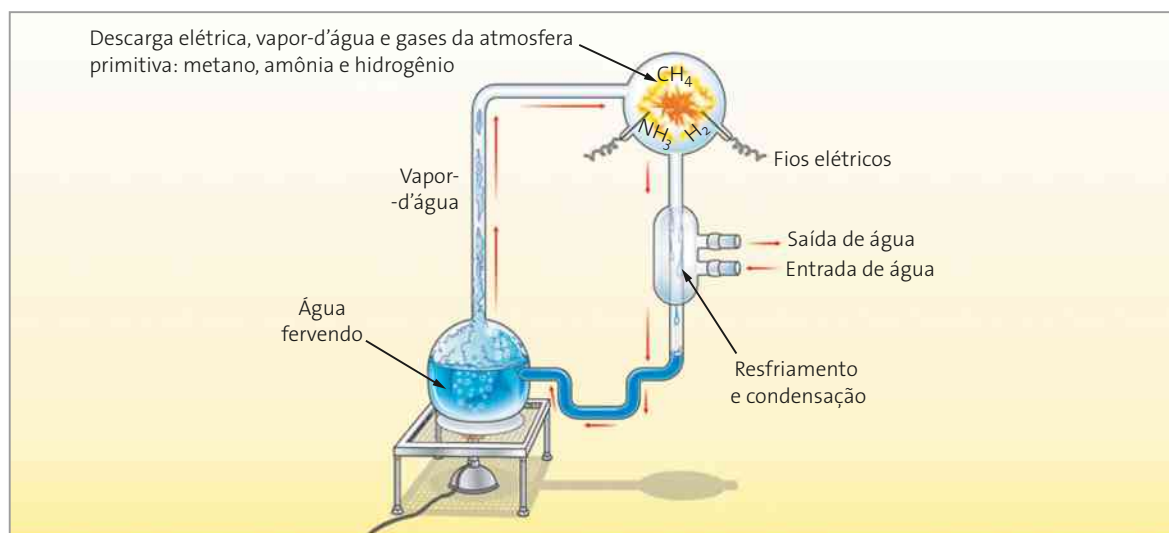


Figura 7.8. Esquema do experimento de Miller-Urey. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

3. 3. Origem por processos químicos nas fontes termais submarinas

Outro cenário possível para o surgimento de moléculas orgânicas e dos primeiros seres vivos vem sendo considerado desde a descoberta, em 1977, das **fontes termais submarinas** em profundidades em torno de 2 mil metros ou mais. Nesses locais há fendas no assoalho marinho por onde sai água quente e rica em minerais e gases do interior da Terra (Fig. 7.9). A temperatura no local de saída dessas fontes quentes é muito elevada, em torno de 300 °C. Essa água aquecida, rica em substâncias como metano (CH_4), hidrogênio (H_2) e gás sulfídrico (H_2S), mistura-se com a água fria ao redor, que está, em média, a 4 °C, gerando áreas com temperaturas menores.

Science Source/Photo Researchers/LatinStock

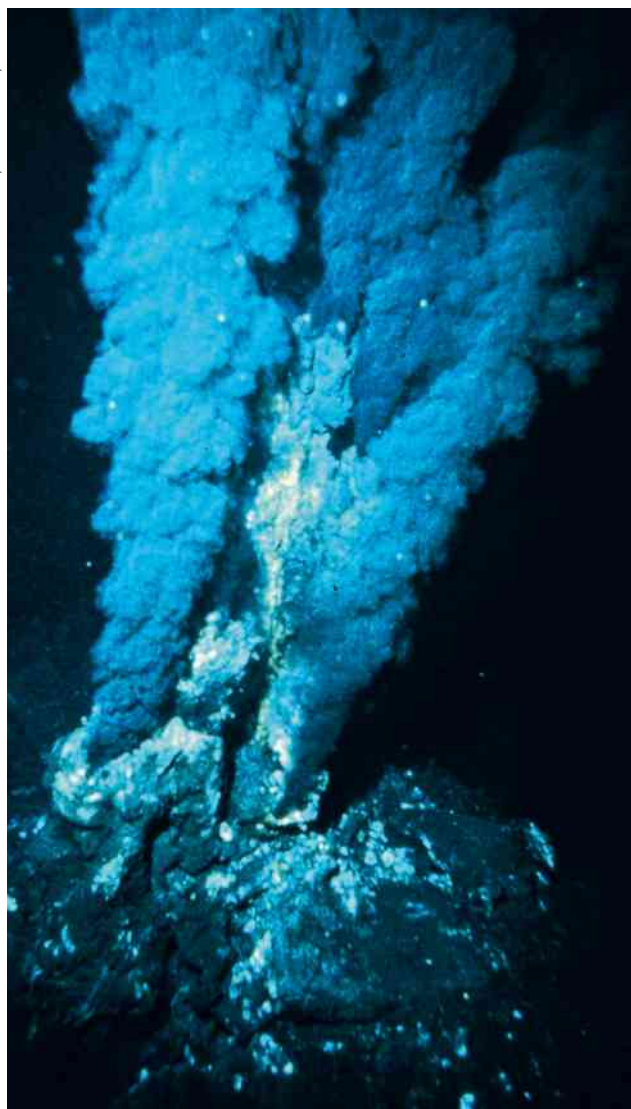
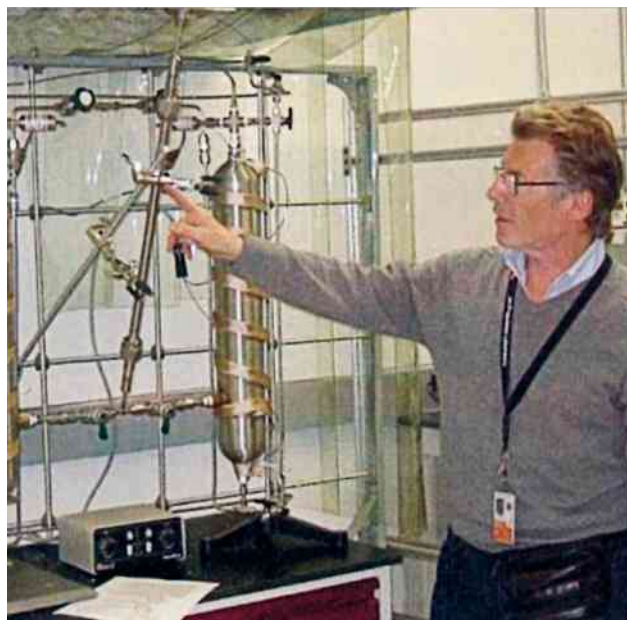


Figura 7.9. Fotografia de fonte termal submarina no Oceano Atlântico.

Depois da descoberta desses ecossistemas tão peculiares, os cientistas começaram a se perguntar se a vida não poderia ter se originado nesses locais ou em outros com condições semelhantes na Terra primordial. Devido à profundidade em que se encontram, as fontes termais submarinas estão protegidas dos impactos de meteoritos, que eram muito frequentes nos primórdios da Terra. Assim, representariam um ambiente mais estável que a superfície da água para o desenvolvimento da vida.

Pesquisas feitas nesses locais verificaram que ao redor das fendas formam-se depósitos minerais cheios de câmaras microscópicas. Por dentro dessas câmaras passa a água recém-saída das “chaminés” e, nesse processo, a água sofre resfriamento. Dentro dessas câmaras microscópicas, o ambiente é propício para a formação de moléculas orgânicas a partir de metano (CH_4), hidrogênio (H_2), gás sulfídrico (H_2S), gás carbônico (CO_2) e amônia (NH_3). Supõe-se que nelas teriam surgido os primeiros seres vivos, que seriam bactérias resistentes ao calor.

Essa hipótese tem sido testada por experimentos realizados no laboratório do pesquisador Michael Russell, na Califórnia (EUA), desde 2009 (Fig. 7.10). Ele e seus colaboradores construíram um equipamento para recriar as condições de fontes hidrotermais. Em seus experimentos, eles têm conseguido obter moléculas orgânicas como aminoácidos e peptídios (protídios simples). Isso trouxe suporte à hipótese da origem da vida nas fontes termais submarinas.



NASA

Figura 7.10. Fotografia do pesquisador Michael Russell mostrando o aparelho que simula os processos químicos que ocorrem no interior de uma fonte termal, montado por ele e seus colaboradores no Laboratório de Jato Propulsão (JPL, na sigla em inglês), na Califórnia (EUA).

4. O surgimento dos primeiros seres vivos: os procariontes

Supõe-se que os primeiros seres vivos eram unicelulares, ou seja, apresentavam o corpo formado por uma única célula. Essa célula seria estrutural e funcionalmente muito simples, formada por membrana plasmática delimitando o citoplasma, no qual estaria presente uma molécula de DNA em uma região denominada nucleóide.

Células assim organizadas são denominadas **procaríóticas** e os organismos que as apresentam são denominados **procariontes** ou **procariotos**. Como regra, as células procarióticas apresentam parede celular, que é uma estrutura externa à membrana plasmática.

Atualmente, os organismos procariontes mais conhecidos são as bactérias (Fig. 7.11) e as cianobactérias.

Ainda não se tem certeza sobre quando surgiram os primeiros seres vivos. Os cientistas têm encontrado indícios de vida em rochas que datam de 4,1 bilhões de anos, e esses indícios baseiam-se em formas do carbono que representam a atividade metabólica de seres vivos. O registro fóssil mais antigo de um ser vivo que se conhece até hoje data de cerca de 3,5 bilhões de anos. Seres como esses foram encontrados em estruturas chamadas **estromatólitos** (do grego *strôma* = cama; *lithos* = rocha). No sul da África e no oeste da Austrália há estromatólitos fósseis (Fig. 7.12) e também recentes.

No Brasil, há estromatólitos fósseis no estado do Rio de Janeiro, na Lagoa Salgada (município de Campos) e na Lagoa Pernambuco (município de Araruama) (Fig. 7.13) e também estromatólitos em sítios arqueológicos de certos locais do interior da Bahia e de Minas Gerais, onde antes havia mar.

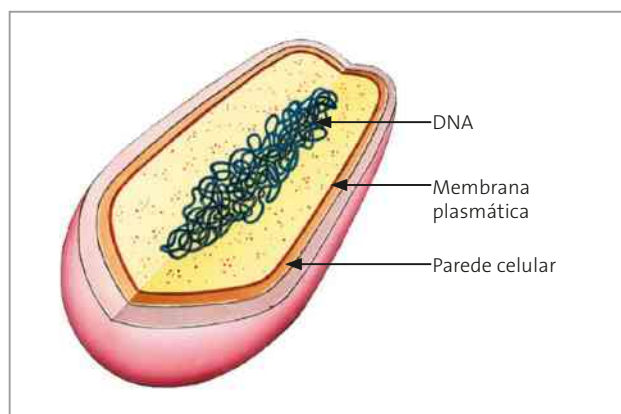


Figura 7.11. Esquema de célula de bactéria vista com parte da célula removida. As bactérias podem ser vistas com o auxílio de microscópios. Mede cerca de 3 µm de comprimento. (Cores fantasia.)



Figura 7.12. Estromatólito fóssil, coletado na Austrália, cortado para mostrar as camadas sucessivas típicas dessa formação.



Figura 7.13. Estromatólitos em lagoa no município de Araruama (RJ), 2013.

Os estromatólitos fósseis de 3,5 bilhões de anos parecem ser de procariontes fotossintetizantes produtores de gás oxigênio. Se isso for verdade, é muito provável que a vida tenha surgido muito antes, possivelmente há 4 bilhões de anos, somente 500 milhões de anos após a formação da Terra! Isso porque se supõe que seres fotossintetizantes não tenham sido as primeiras formas de vida em nosso planeta, já que não havia gás oxigênio na atmosfera primordial.

A quantidade de O_2 formada inicialmente por esses primeiros seres fotossintetizantes não devia ser suficiente para que ele se acumulasse na atmosfera. O gás oxigênio é bastante reativo, e, à medida que ia sendo formado, reagia com muitos elementos, como o ferro.

Com a proliferação dos seres fotossintetizantes, maior quantidade de O_2 começou a ser produzida. Assim, apesar de continuar reagindo com outros elementos como faz até hoje, foi possível o acúmulo de gás oxigênio livre no ambiente.

Dados da presença de gás oxigênio na atmosfera têm sido obtidos da análise de rochas com minerais que reagem com esse gás. Um exemplo é o ferro, que oxidado forma hematita — Fe_2O_3 —, originando depósitos avermelhados em rochas que constituem os chamados leitos vermelhos (Fig. 7.14).



Science Source/François Cohier/Diomedea

Figura 7.14. Rochas sedimentares que constituem os chamados leitos vermelhos alternam bandas vermelhas ricas em ferro oxidado (hematita) com manchas escuras (sílica). Fotografia de rochas encontradas na Austrália.

Esses depósitos não são encontrados em rochas mais antigas que 2,3 bilhões de anos, o que indica que somente após esse período o gás oxigênio passou a ocorrer em maior abundância no meio.

Logo no início do processo em que o O_2 começou a se acumular no ambiente, esse acúmulo foi responsável por grande mortalidade dos procariontes, únicos seres que viviam na Terra naquela época. Esse gás, embora fundamental hoje para a manutenção da maior parte da vida que conhecemos, é tóxico para os organismos que não são capazes de metabolizá-lo. Portanto, com o início do acúmulo de O_2 no ambiente, esses organismos acabaram morrendo ou ficando restritos a ambientes anóxicos (sem gás oxigênio). Os organismos que sobreviveram no ambiente cada vez mais rico em O_2 foram os procariontes que possuíam vias metabólicas capazes de aproveitar esse gás. Essas vias correspondem ao que hoje sabemos ser a **respiração aeróbia**, que se tornou o principal processo de quebra de moléculas orgânicas na produção de energia para o metabolismo celular. Com isso, houve grande proliferação de procariontes aeróbicos. O aumento do teor de O_2 na atmosfera, aliado ao surgimento da respiração, contribuiu para o surgimento e a evolução de outros grupos de seres vivos: inicialmente os unicelulares eucariontes e, depois, os multicelulares eucariontes, caso das plantas e dos animais.

5. O surgimento dos primeiros eucariontes

Estima-se que os primeiros organismos com estrutura celular mais complexa, os **eucariontes** ou **eucariotos**, surgiram por volta de 2 bilhões de anos atrás, muito antes do que se pensava até há pouco tempo. Esses organismos apresentam células chamadas **eucarióticas**, formadas por membrana plasmática, citoplasma e núcleo.

A maior parte dos seres vivos conhecidos é eucarionte, sejam unicelulares, como as amebas, ou multicelulares, como as plantas e os animais.

A maneira como ocorreu o surgimento e a evolução das primeiras células eucarióticas ainda é ques-

tão em discussão. Uma hipótese bastante aceita propõe que as primeiras células eucarióticas teriam surgido de células procarióticas sem parede celular, ou que teriam perdido a parede celular. Essas células teriam passado a desenvolver dobramentos da membrana plasmática, tornando-se maiores e mais complexas. Esses dobramentos teriam dado origem a **organelas citoplasmáticas** e ao **envelope nuclear** (carioteca), estrutura membranosa que delimita o núcleo, onde se concentra o material genético da célula (Fig. 7.15).

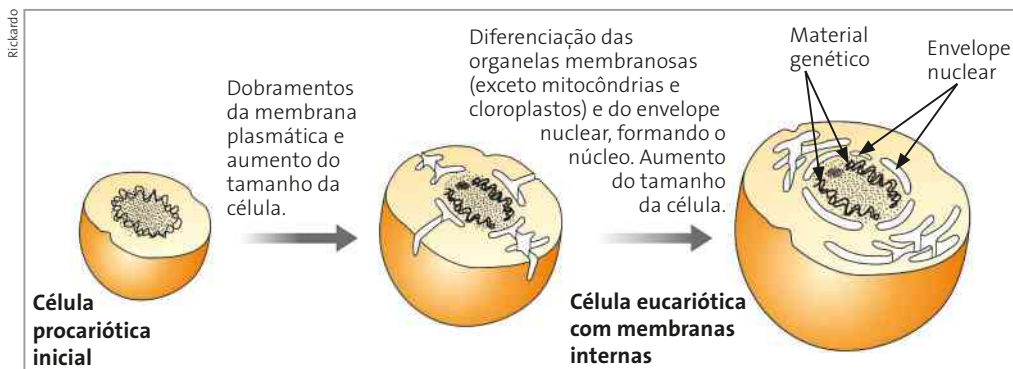


Figura 7.15. Esquema representando a evolução da célula eucariótica por dobramentos da membrana plasmática, feito com parte das células removidas para a visualização das estruturas internas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Por que tantas membranas internas?

As células eucarióticas apresentam várias organelas internas delimitadas por membranas, enquanto as células procarióticas não as possuem. Geralmente, as células eucarióticas têm volume muito maior que as procarióticas (cerca de mil vezes ou mais) e têm, proporcionalmente, quantidade muito maior de materiais celulares. Uma célula humana, por exemplo, contém cerca de 800 vezes mais DNA que uma célula bacteriana!

Qual seria a explicação para a existência de tantas membranas internas nas células eucarióticas em relação às procarióticas? Quais seriam as vantagens adaptativas para a fixação, ao longo da evolução, dessa condição nas células eucarióticas? Para responder a essas perguntas, temos que lançar mão de conhecimentos de Matemática.

As células têm formatos variados. Então, para entender o significado para as células da proporção relativa entre superfície e volume, vamos usar como modelo mais simples uma figura geométrica: o cubo. Essa figura se caracteriza por ter os seguintes elementos: 6 faces (quadrados geometricamente iguais), 12 arestas (segmentos de reta de mesmo tamanho) e 8 vértices (Fig. 7.16).

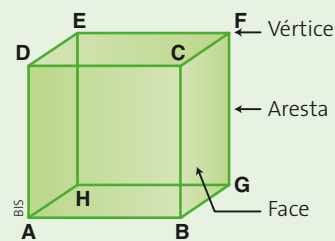


Figura 7.16. Esquema de um cubo mostrando seus elementos: faces, arestas e vértices (indicados por letras, de A até H).

Vamos trabalhar com 3 cubos de tamanhos diferentes (Fig. 7.17):

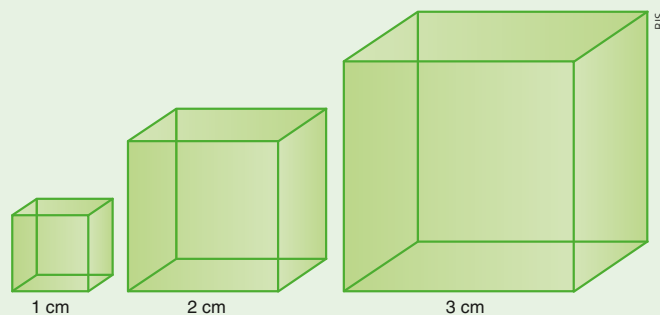


Figura 7.17. Cubos com diferentes tamanhos.

Retomando um pouco dos conhecimentos de Matemática, a área da superfície do cubo é calculada levando em consideração que cada uma de suas faces é um quadrado e que todas as faces são iguais.

A fórmula para o cálculo da área (A) de um cubo é: aresta (a) $\times$ aresta (a) $\times$ 6 (número de faces), ou seja, $6a^2$.

A fórmula para o cálculo do volume (V) de um cubo é: aresta (a) $\times$ aresta (a) $\times$ aresta (a), ou seja, a^3 .

A relação superfície-volume é dada pela fórmula: $\frac{\text{Área (A)}}{\text{Volume (V)}}$.

Questões

1. Calcule os valores de área e volume e a relação superfície-volume para os três cubos mostrados acima.
2. Como se comporta a proporção entre área da superfície e volume? O aumento da área é proporcional ao aumento do volume?
3. Que relação pode ser estabelecida entre esse modelo e o bom funcionamento da célula, considerando que os materiais necessários para as reações biológicas intracelulares devem entrar na célula e sair dela passando pela membrana plasmática, que reveste toda a superfície celular, e que muitas reações importantes ocorrem associadas às membranas?

Professor(a), este é um momento para mostrar como modelos matemáticos podem ser usados para explicar alguns fenômenos biológicos, como a complexidade da organização das células eucarióticas em comparação com as células procarióticas. É importante reforçar para os estudantes que a linguagem matemática é fundamental para todas as ciências. Veja as respostas das questões nas Orientações didáticas, ao fim deste volume.

Entre as organelas membranosas, apenas as **mitocôndrias** e os **cloroplastos** tiveram origem diferente. As mitocôndrias são responsáveis pela respiração celular, ocorrendo em praticamente todos os eucariontes. Sabe-se hoje que os eucariontes que não possuem mitocôndrias perderam essa organela na evolução. Assim, o surgimento da mitocôndria ocorreu logo no início da evolução da célula eucariótica. Os cloroplastos são responsáveis pela fotossíntese, estando presentes apenas nos seres eucariontes fotossintetizantes, como as plantas. Há indícios bem-aceitos pela comunidade científica de que essas duas organelas teriam surgido por meio de um processo chamado **simbiogênese** ou **endossimbiose**.

Nesse processo, a célula eucariótica em formação teria englobado bactérias que já realizavam respiração e não as teria degradado. Elas teriam sido mantidas no citoplasma em uma relação que se mostrou vantajosa tanto para as

bactérias quanto para o eucarionte em formação. As bactérias teriam obtido proteção e nutrientes do eucarionte em formação e este, por sua vez, teria passado a se beneficiar do processo de respiração realizado por elas. Essa associação teria se perpetuado e essas bactérias teriam dado origem às atuais mitocôndrias (Fig. 7.18). Dessa linhagem de células eucarióticas derivaram vários grupos de eucariontes tanto unicelulares, como as amebas, quanto multicelulares, como os animais e os fungos.

Algum tempo depois, teria ocorrido outro processo de endossimbiose, mas agora entre células eucarióticas, com mitocôndria, e cianobactérias, que realizam a fotossíntese. Tal associação mostrou-se tão vantajosa que se perpetuou e essas cianobactérias teriam dado origem aos atuais cloroplastos (Fig. 7.18). Dessa linhagem, teriam derivado as atuais plantas e vários outros grupos de organismos fotossintetizantes.

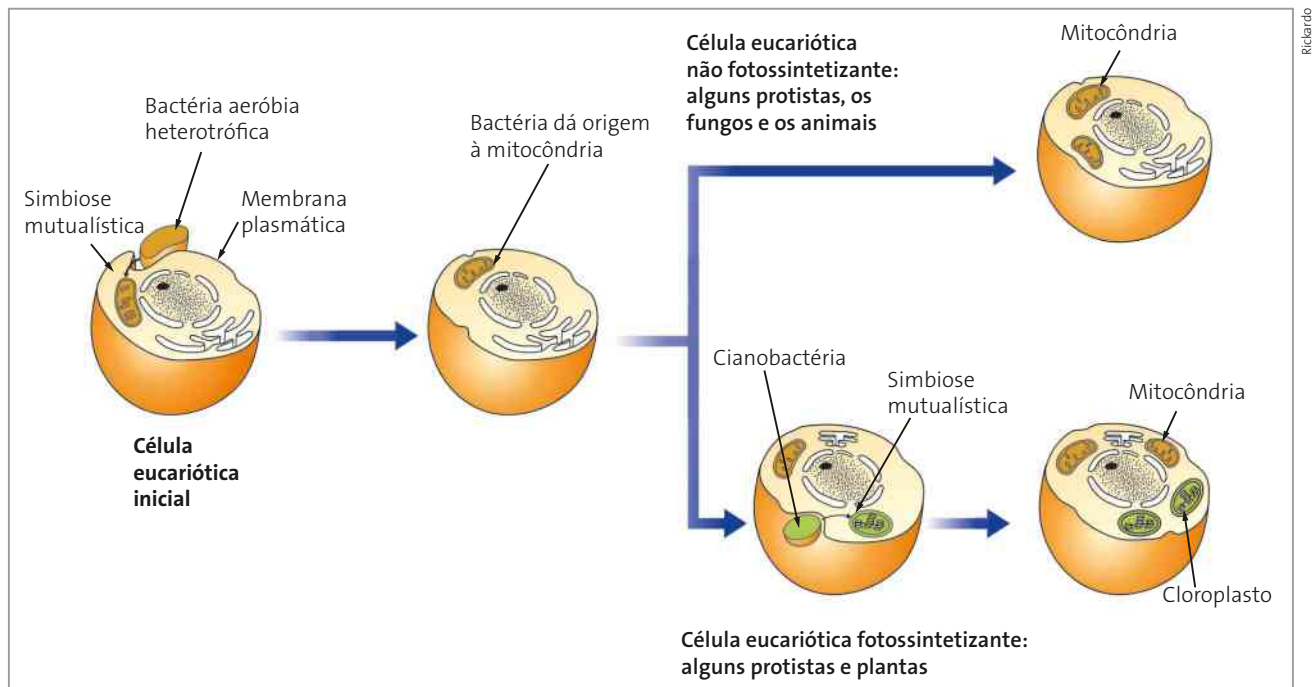


Figura 7.18. Esquema da hipótese simbiótica da origem das mitocôndrias e dos cloroplastos, feito com parte das células removidas para visualização das estruturas internas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

6. O surgimento dos multicelulares eucariontes

O próximo grande evento evolutivo na história da vida foi a origem dos seres multicelulares eucariontes. Supõe-se que a multicelularidade tenha surgido de forma independente a partir de grupos distintos de unicelulares eucariontes, cujas células teriam ficado unidas após as sucessivas divisões celulares. Além de unidas, essas células teriam passado a apresentar divisão e cooperação de trabalho entre elas, de modo que cada célula não pôde mais viver de forma independente. Os

primeiros fósseis de multicelulares eucariontes são de animais e vegetais marinhos, que datam de cerca de 670 milhões de anos, o que nos leva a supor que a multicelularidade tenha surgido antes desse período.

As plantas evoluíram muito provavelmente a partir de algas verdes unicelulares. Fungos e animais surgiram de unicelulares heterótrofos. Evidências moleculares indicam que os fungos são mais aparentados com os animais do que com as plantas.

7. A dinâmica da Terra e da vida ao longo do tempo

O estudo da dinâmica da Terra envolve conceitos de várias áreas do saber, como a Geografia e a Física. Atente para isso durante o estudo da dinâmica da Terra e dos movimentos litosféricos. Você perceberá como a construção do conhecimento é feita de maneira interdisciplinar, com a colaboração de pesquisadores e cientistas de várias áreas ao longo do tempo.

A diversidade atual de seres vivos é muito grande, mas nem sempre foi igual à que temos hoje.

Com base em registros que os seres vivos deixaram principalmente nas rochas sob a forma de **fósseis** e em estudos das mudanças nas condições ambientais pelas quais o nosso planeta passou até os dias de hoje, os cientistas dividem o tempo geológico em **eras**, as quais são subdivididas em **períodos**, que são formados por **épocas**. Um resumo dos principais acontecimentos sobre a vida ao longo do tempo geológico está apresentado no infográfico das páginas 160 e 161 (Fig. 7.21).

As mudanças na composição da fauna e da flora de nosso planeta ao longo do tempo foram acompanhadas também por profundas mudanças climáticas e por alterações na crosta terrestre. A Terra foi e ainda é um planeta em transformação.

A distribuição dos mares e das terras mudou muito ao longo da evolução do planeta. A **litosfera**, camada

mais externa da Terra, é formada por cerca de 20 **placas litosféricas**, que ficam sobre o manto. Algumas dessas placas contêm áreas submersas e apenas algumas áreas emersas, as quais formam ilhas. É o caso da placa do Pacífico. Outras, no entanto, são formadas também por continentes, como a placa Sul-americana, que contém grande parte do continente sul-americano.

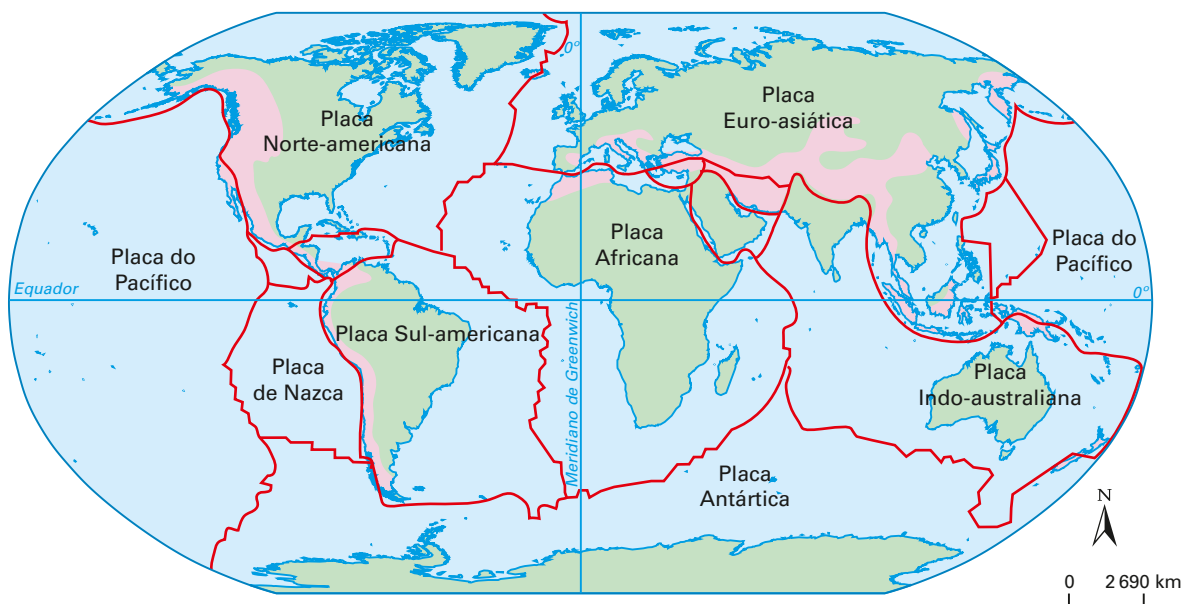
A espessura dessas placas é variável. As porções das placas que formam o fundo dos mares podem ser muito delgadas, com cerca de 10 km de espessura, enquanto as porções que formam regiões montanhosas chegam a ter 250 km de espessura.

Essas placas não estiveram sempre na posição mostrada no mapa (Fig. 7.19). Ao longo da evolução de nosso planeta, elas se deslocaram e ainda continuam se deslocando.

Esse deslocamento é explicado pela teoria da tectônica de placas, a qual se baseia nas correntes de convecção que se formam no manto. Ao contrário do que muitas pessoas pensam, o manto não é formado por magma ou por qualquer material líquido. Ele é formado por material quente de comportamento viscoso e moldável e é aquecido pela desintegração de átomos que ocorre no núcleo da Terra. Com isso, a porção do manto mais próxima do núcleo fica mais quente e menos densa que a porção mais próxima

Mário Yoshida

POSIÇÃO ATUAL DAS PRINCIPAIS PLACAS LITOSFÉRICAS



Fonte: *Ciência Hoje na Escola*.
São Paulo: Global/SBPC,
2000. p. 20. v. 10.

Legenda

Zonas de terremotos nos continentes

— Limite entre as placas

Figura 7.19. Mapa-múndi com as placas litosféricas em suas posições atuais.

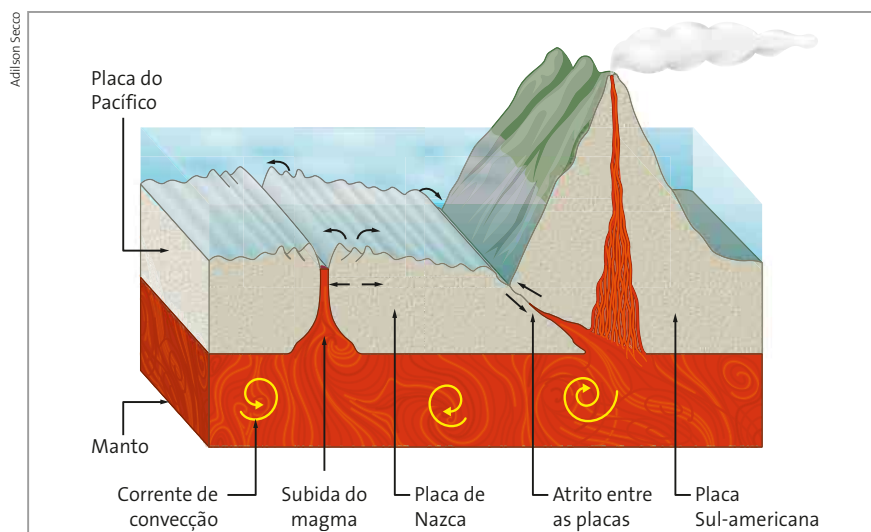
da litosfera. Essa diferença de temperatura e densidade promove as correntes de convecção: o material mais quente e menos denso sobe e o menos quente e mais denso desce; ao descer, esse material se aquece novamente e sobe, e assim por diante.

Os limites entre as placas litosféricas ficam, em geral, no fundo dos mares, com fendas que separam as placas. Nessas fendas, há redução da pressão a que o manto está submetido, e isso faz com que ele se liquefaça, formando o magma, que extravasa. Ao entrar em contato com a água, o magma solidifica-se, contribuindo para aumentar a extensão das placas a partir dessa região. Isso e as correntes de convecção empurram para lados opostos as placas que estão separadas pelas fendas. A movimentação dessas placas pode causar atrito no lado oposto e, nesses casos, uma placa pode entrar por baixo da outra (Fig. 7.20) ou se deslocar em paralelo.

Os movimentos das placas litosféricas são responsáveis pelo soerguimento de montanhas e, quando mais abruptos, pelos terremotos, maremotos, *tsunamis*, entre outros eventos geológicos.

Muitos foram os deslocamentos das placas litosféricas desde o início de nosso planeta, como pode ser observado no infográfico dos períodos geológicos, nas páginas 160 e 161 (Fig. 7.21). No início do Triássico, por exemplo, havia apenas um supercontinente: a **Pangeia** (= Terra toda). No final do Triássico, a Pangeia começou a se separar em dois continentes: **Laurásia**, ao norte, e **Gondwana**, ao sul, separados um do outro pelo mar de Tétis, do qual o atual Mediterrâneo foi o que restou.

No final do Jurássico, a Laurásia já estava dividida em dois continentes: **América do Norte** e **Europa-Ásia**. Gondwana, mais afastada para o sul, deu origem a **América do Sul**, **África**, **Índia**, **Antártida** e **Austrália**.



< **Figura 7.20.** Esquema mostrando o que acontece entre as placas litosféricas do Pacífico, de Nazca e Sul-americana. Em um limite, a placa do Pacífico e a de Nazca se afastam. Pela fenda que surge entre elas sobe magma, que, ao ser resfriado, se solidifica, aumentando a extensão das duas placas. No outro limite, a placa de Nazca colide com a placa Sul-americana. Com essa colisão, a placa de Nazca entra por baixo da Sul-americana, que, por ser mais leve, se “enruga”, formando montanhas. O manto da placa que afunda, em função do forte calor causado pelo atrito, derrete e forma magma, que pode ficar acumulado em bolsões e extravasar pelos vulcões. Além disso, o atrito entre as placas provoca terremotos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Colocando em foco

UMA INJUSTIÇA HISTÓRICA

Na história das ciências, várias injustiças foram cometidas com cientistas que propuseram ideias inovadoras para a realidade da época em que viveram. Um deles foi Alfred Wegener (1880-1930), que, em 1926, propôs uma teoria chamada **deriva continental**. Ele verificou que havia grande semelhança entre o contorno dos continentes, principalmente entre a costa da África e a da América do Sul, como se fossem peças de um quebra-cabeça. Wegener propôs, então, que os continentes eram inicialmente unidos, tendo se separado posteriormente, originando a distribuição atual.

Na época, Wegener foi ridicularizado por seus colegas e sua teoria, rejeitada. Somente mais tarde, na década de 1970, suas ideias foram aceitas, porém aprimoradas: não são os continentes que se movem, mas as placas litosféricas onde eles estão. Esse movimento é decorrente de processos que ocorrem no manto viscoso e quente. A teoria da deriva continental foi, portanto, substituída pela **teoria da tectônica de placas**.

Essa teoria explica muito da atual distribuição dos seres vivos em continentes distintos, como é o caso da grande semelhança entre os fósseis de animais encontrados na África e na América do Sul e, ainda, o de várias semelhanças na flora de ambos os continentes.

O TEMPO GEOLÓGICO DA TERRA

A vida na Terra é caracterizada pela diversidade de formas de vida, desde a sua origem. Mas as mudanças não se concentraram apenas nos seres vivos: até a posição dos continentes mudou!

Professor(a), desenvolva com os estudantes a sugestão de atividade extra “O planeta e os seres vivos no tempo geológico” descrita nas Orientações didáticas.

PRÉ-CAMBRIANO

▶ 4600 a 542 ma

3,8 bilhões de anos atrás: origem da vida procariótica; 2,5 bilhões de anos atrás: surgimento dos eucariontes; 670 milhões de anos atrás: os primeiros fósseis de multicelulares.

Era Pré-Cambriana

ERA PALEOZOICA

Período Cambriano

▶ 542 a 488,3 ma

Explosão do Cambriano, com grande diversificação de seres vivos aquáticos: animais e algas.

Período Ordoviciano

▶ 488,3 a 443,7 ma

Primeiras plantas terrestres: as briófitas. Diversificação de invertebrados marinhos, mas muitas espécies desapareceram no final do período.

Era Paleozoica

Cambriano

Ordoviciano

ERA MESOZOICA

Período Triássico

▶ 251 a 199,6 ma

Surgimento dos dinossauros, dos pterossauros, dos crocodilos e de outros grupos de répteis. Surgimento dos mamíferos.

Período Jurássico

▶ 199,6 a 145,5 ma

“Idade dos répteis”: grande diversificação dos dinossauros. Surgimento das aves.



Período Cretáceo

▶ 145,5 a 65,5 ma

Surgimento de plantas com flores (angiospermas). Ao final do período, houve um evento de extinção em massa, incluindo a dos dinossauros.



Figura 7.21. Eventos que ocorreram na Terra ao longo do tempo geológico; ma = milhões de anos. (Imagens ilustrativas. Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Período Siluriano

】 443,7 a 416 ma

Diversificação dos primeiros peixes. Primeiras plantas com tecido condutor de seiva no ambiente terrestre. Colonização do ambiente terrestre por artrópodes.



Período Devoniano

】 416 a 359,2 ma

Grande diversificação de animais, plantas terrestres, peixes e invertebrados marinhos. No final do período, houve um evento de extinção em massa.



Período Carbonífero

】 359,2 a 299 ma

Predomínio de extensas florestas. Primeiras plantas com sementes. "Idade dos anfíbios": diversificação desses animais. Primeiros répteis. Diversificação dos insetos.



Período Permiano

】 299 a 251 ma

Grande diversificação dos répteis e redução na diversidade de anfíbios. No final do período, houve um evento de extinção em massa.



Era Mesozoica

Era Cenozoica

Siluriano

Devoniano

Carbonífero

Permiano

Triássico

Jurássico

Cretáceo

Terciário

Quaternário

ERA CENOZOICA

Período Terciário

】 65,5 a 2,5 ma

Dividido em cinco épocas: Paleoceno (65,5 a 55,8 ma), Eoceno (55,8 a 33,9 ma), Oligoceno (33,9 a 23,0 ma), Mioceno (23,0 a 5,3 ma) e Plioceno (5,3 a 2,5 ma). Grande diversificação de mamíferos e angiospermas. Aparecimento dos primeiros hominídeos, os australopithecíneos.



Período Quaternário

】 2,5 ma até o presente

Dividido em duas épocas: Pleistoceno (2,5 ma a 11 700 anos atrás) e Holoceno (11 700 anos atrás até o presente). A primeira, conhecida como "Idade do gelo" em função das glaciações frequentes, foi caracterizada pela existência dos grandes mamíferos, como mamutes e tigres-dente-de-sabre, além do aparecimento de diversas espécies do gênero *Homo*. A segunda abrange a evolução da humanidade.

Posição atual dos continentes



Fontes de pesquisa: *University of California Museum of Paleontology*. Disponível em: <<http://www.ucmp.berkeley.edu/help/timeform.php>>. Acesso em: abr. 2016.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T. *Para entender a Terra*. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.



Por que os dinossauros foram extintos?

A extinção de espécies é um processo natural e frequente ao longo da história da vida na Terra. O desaparecimento de grupos de seres vivos e o surgimento de outros são fenômenos que têm atuado decisivamente sobre a biodiversidade. Quando falamos em eventos de extinção em massa, estamos nos referindo a períodos em que vários grupos de organismos distintos extinguíram-se de forma rápida (considerando o tempo geológico) e praticamente ao mesmo tempo, o que sugere uma causa comum para esse desaparecimento. As evidências indicam que esses grandes eventos de extinção foram provocados por alterações climáticas drásticas em todo o planeta. Um deles ocorreu há cerca de 65 milhões de anos, quando os dinossauros foram extintos.

Uma das explicações mais aceitas para essa extinção é a da colisão de um cometa ou de um

asteroide com a superfície do planeta. A formulação dessa explicação deu-se a partir da análise de certas rochas que datam do período de transição entre o Mesozoico e o Cenozoico e que passaram a apresentar maior concentração de irídio, elemento químico pouco frequente na crosta terrestre. De acordo com os defensores dessa hipótese, o irídio teria se originado de material extraterrestre que chegou à Terra com a queda do asteroide.

Outra forte evidência que passou a sustentar a hipótese de colisão foi a descoberta da cratera de Chicxulub, com 180 quilômetros de diâmetro, no México, próximo ao mar do Caribe. Os sedimentos dessa cratera datam de 65 milhões de anos, justamente a época da extinção dos dinossauros. Estima-se que ela tenha sido formada pela queda de um asteroide de cerca de 10 quilômetros de diâmetro.

Laurie O'Keefe/SPL/LatinStock



- Representação artística da queda do asteroide gigante na região onde fica o atual mar do Caribe, há cerca de 65 milhões de anos, que teria causado a extinção dos dinossauros.



D. Van Ravenswaay/SPL/LatinStock / Sonia Vaz

- Fotografia de satélite colorida artificialmente mostrando a localização da cratera de Chicxulub, no México. Fonte das informações cartográficas: *Atlas geográfico escolar*. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

A força do impacto teria sido suficiente para levantar uma nuvem de vapor quente, partículas e fumaça que se espalhou pelo planeta todo e foi capaz de bloquear a passagem de luz solar, causando, por consequência, a morte da vegetação. Em função disso, os animais, que dependiam das plantas direta ou indiretamente para se alimentar, acabaram morrendo em seguida.

O bloqueio da luz solar teria persistido por muitos anos, tornando o planeta mais frio. Além disso, a presença de certos compostos nessa nuvem de fumaça teria provocado a ocorrência de chuvas ácidas por todo o planeta, o que teria acelerado a morte da vegetação.

Apesar de a explicação ser bastante aceita, estudiosos sustentam que o desaparecimento dos dinossauros envolve fatores mais complexos, que não poderiam ser explicados apenas pelo impacto do asteroide. Esses cientistas julgam que a transformação do ambiente terrestre no final do Mesozoico teria sido causada também por intensas erupções vulcânicas acompanhadas de uma série de impactos com asteroides de diversos tamanhos e não por apenas um, embora o que caiu no México tenha sido o maior deles.

Outra discussão atual entre os cientistas refere-se ao metabolismo dos dinossauros: seriam eles ectotermos ou endotermos? Os répteis atuais são ectotermos (do grego: *ektós* = externo; *thermós* = calor), ou seja, regulam a temperatura interna de seu corpo utilizando o calor do ambiente. Para animais com esse tipo de regulação de temperatura, a sobrevivência ao período mais frio teria sido difícil. Uma das hipóteses propõe que esses animais não teriam conseguido regular a temperatura de seus corpos com a redução da intensidade de radiação solar que chegava à Terra e, por conta disso, teriam morrido de frio. No entanto, existem propostas segundo as quais os dinossauros de grande porte teriam sido capazes de regular a temperatura corpórea com o calor produzido pelo próprio metabolismo, da mesma forma que as aves e os mamíferos, que são animais endotermos (do grego: *éndon* = para dentro, interno). Caso essa hipótese seja confirmada, os dinossauros teriam sido extintos por consequência do desequilíbrio das cadeias alimentares, processo desencadeado pela destruição da vegetação em função das mudanças climáticas decorrentes da queda de asteroides.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Com seu grupo de estudos, faça uma pesquisa a respeito dos seguintes assuntos:

- os cinco grandes eventos de extinção em massa que ocorreram ao longo do tempo geológico até o Cretáceo;
- o que vem a ser, segundo estudos recentes, o “sexto evento de extinção em massa”.

2. Com os dados levantados, montem uma apresentação para os demais colegas de classe. Com a orientação do(a) professor(a), escolham uma das seguintes formas: pôster, vídeo curto (de 5 minutos), apresentação oral com recursos visuais.

Discutam seus dados com os demais colegas e ouçam com respeito e atenção a apresentação deles. Atentem para as fontes usadas pelos grupos na obtenção dos dados. Que fontes foram consultadas? Essas fontes podem ser consideradas confiáveis? As informações são semelhantes? Em que diferem e em que coincidem?



Retomando

Agora que você conhece melhor as explicações propostas para a origem da vida, assim como os argumentos em que elas se baseiam, retome suas respostas às questões da seção **Pense nisso** e avalie-as novamente. Que condições você esperaria encontrar em um planeta, se estivesse procurando por vida? Você procuraria por fósseis? Justifique sua resposta.



Atividade 1 Hipóteses sobre a origem da matéria orgânica constituinte dos primeiros seres vivos

Habilidades do Enem: H3, H15, H22, H24.

Os trechos a seguir foram extraídos do capítulo “Origem da vida: um tempo curto para uma experiência bem-sucedida”, do livro *Biologia molecular e evolução*. Leia-os e associe cada um deles com as teorias sobre a origem da vida que julgar mais afins, ressaltando os pontos em que se baseou para fazer a associação.

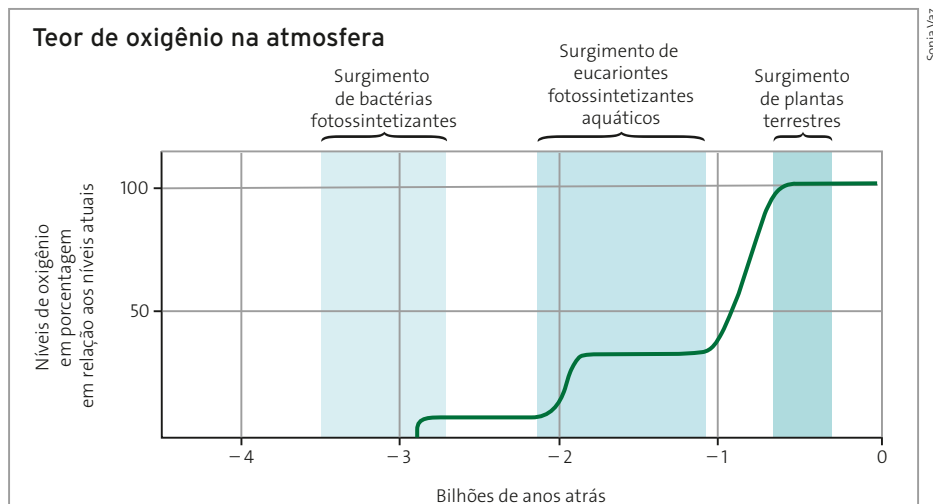
- A energia proveniente de descargas elétricas (relâmpagos) e da luz solar (principalmente de alta energia, como a luz ultravioleta) poderia permitir a ocorrência de reações químicas que produziram vários compostos intermediários importantes para a formação de moléculas orgânicas mais complexas que se acumulariam no oceano primitivo.
- Outra sugestão interessante é a proposta por Juan Oró (1961), na qual ele considera que a presença de matéria orgânica em meteoritos não só comprova sua origem abiótica como também sugere que o bombardeamento da Terra com meteoros e cometas trouxe vários dos componentes necessários para a origem da vida.

Fonte: MATIOLI, S. R. *Biologia molecular e evolução*. São Paulo: Holos, 2001. p. 12 e 13.

Atividade 2 Evolução do metabolismo e o teor de oxigênio na atmosfera

Habilidades do Enem: H9, H14, H16, H17, H28.

O gráfico a seguir apresenta estimativas do teor de oxigênio na atmosfera desde a formação da Terra até os dias atuais.



Fonte: Nature Education, 2014.

- Análise o gráfico e descreva a evolução do teor de gás oxigênio ao longo do tempo em relação ao surgimento dos seres procariontes fotossintetizantes e eucariontes fotossintetizantes. Em seguida, responda: A partir de qual intervalo de tempo houve maior incremento do teor desse gás na atmosfera?
- Considerando a redução na disponibilidade de ferro livre nos oceanos há cerca de 2 bilhões de anos, bem como o significado da presença de hematita (óxido de ferro) nas rochas, como se explica o intervalo de aproximadamente 1 bilhão de anos entre o surgimento da atividade fotossintética produtora de O_2 e o início do aumento do teor desse gás na atmosfera?
- Explique a hipótese mais aceita atualmente a respeito da origem das primeiras células eucarióticas fotossintetizantes e que contribuíram para o aumento do teor do gás oxigênio na atmosfera. Para isso, você pode usar esquemas com legendas indicando os passos e as estruturas envolvidas.

Atividade 3 O tempo geológico — configurações dos continentes e distribuição geográfica de organismos evidenciadas por registros fósseis

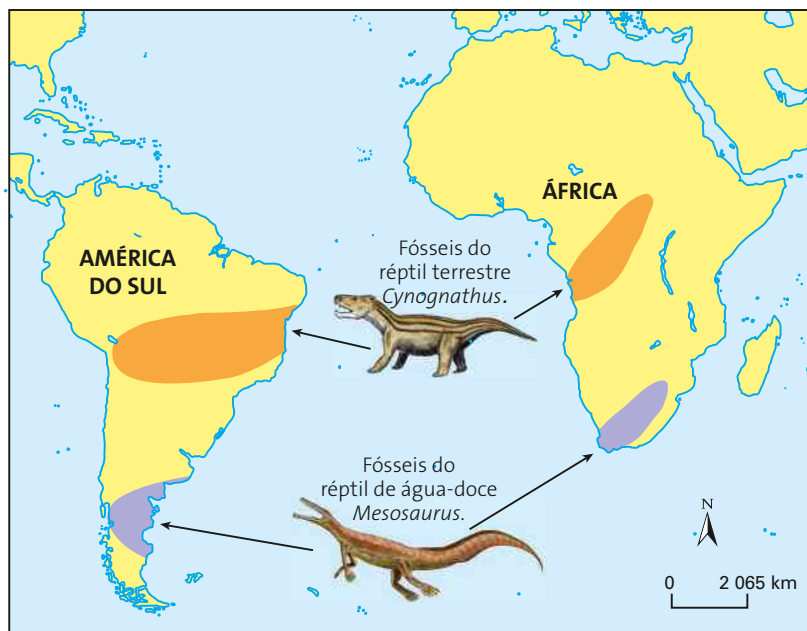
Habilidade do Enem: H17.

A configuração geográfica atual do nosso planeta resulta de processos geológicos globais que se dão em escala de tempo geológico. Como vivemos em tempo ecológico, não chegamos a perceber diretamente a maioria das lentas mudanças globais. Por outro lado, tais mudanças deixam registros ou evidências que tornam possível reconhecê-las, como os fósseis, que nos permitem fazer algumas reconstituições históricas.

A figura a seguir é um mapa atual representando a África e a América do Sul, bem como as regiões de ocorrência de fósseis de *Cynognathus*, um réptil terrestre, e *Mesosaurus*, um réptil de água doce. Esses organismos viveram no período Triássico.

Explique a ocorrência, na América do Sul e na África, de fósseis desses animais. Retome os mapas que mostram a posição aproximada dos continentes nos diferentes períodos geológicos, no infográfico das páginas 160 e 161, e localize o período Triássico. A distribuição desses fósseis pode ser usada como evidência da disposição dos continentes no passado? Justifique.

REGIÕES DE OCORRÊNCIA DE FÓSSEIS DE *CYNOGNATHUS* E *MESOSAURUS*



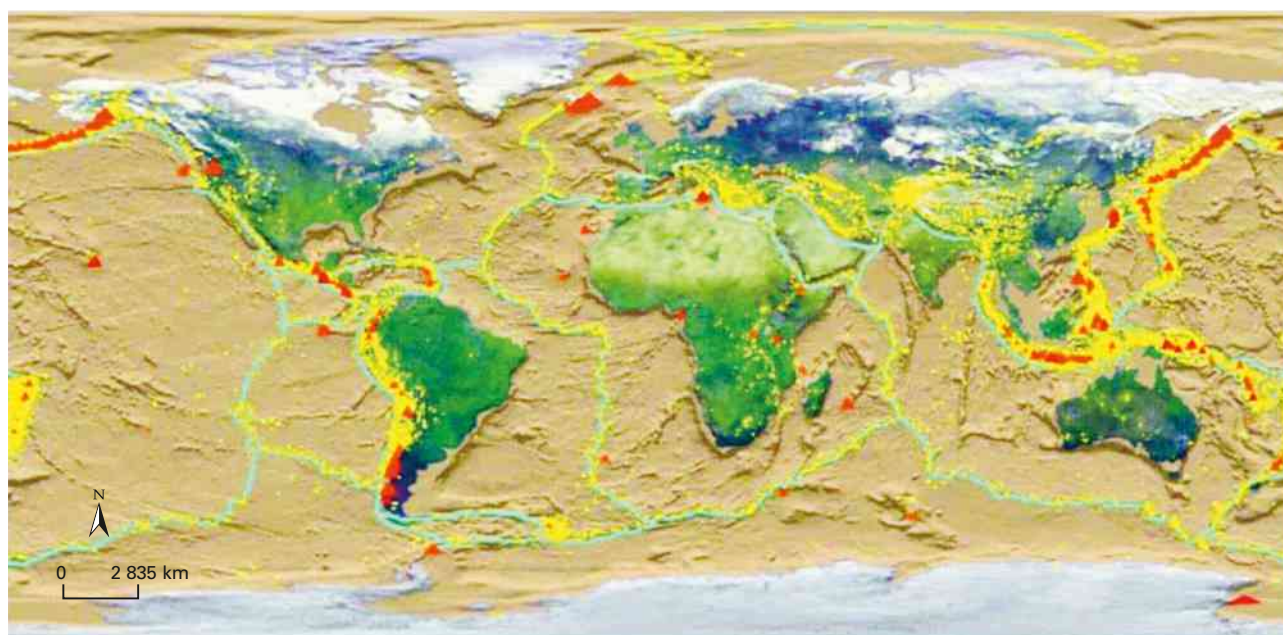
Studio Caparroz

Mapa mostrando a área de ocorrência de fósseis dos répteis *Cynognathus* e *Mesosaurus*. (Animais representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Fonte: Disponível em: <<http://www.geolsoc.org.uk/Plate-Tectonics/Chap1-Pioneers-of-Plate-Tectonics/Alfred-Wegener/Fossil-Evidence-from-the-Southern-Hemisphere>>. Acesso em: maio 2016.

Atividade 4 Placas litosféricas e vulcanismo Habilidades do Enem: H9, H17.

No planisfério abaixo estão indicados os limites das placas litosféricas (em verde-claro), os vulcões (em vermelho) e as regiões com terremotos (áreas e pontos amarelos). Analise atentamente a figura e responda às questões propostas a seguir:



NASA Goddard Space Flight Center

Fonte: Nasa (sigla em inglês para Agência Espacial Norte-Americana).

- a) É possível perceber que em muitos pontos os limites das placas litosféricas coincidem com locais de ocorrência de vulcanismo e de epicentros de terremotos. Como você explica essa coincidência?
- b) O chamado **cinturão de fogo** concentra a maior parte (cerca de 90%) da atividade vulcânica e sísmica do planeta. Ele compreende as linhas de contato entre placas litosféricas muito ativas: Placa do Pacífico, Placa Eurasiana, Placa Indiana e Placa Filipina. Para aprofundar seus estudos sobre a movimentação das placas litosféricas, sugerimos que trabalhe em grupo com os colegas de classe da seguinte maneira:
- procurem em jornais, revistas ou na internet reportagens sobre eventos decorrentes da movimentação das placas litosféricas, causando terremotos, erupções vulcânicas ou *tsunami* nessas regiões;
 - localizem no texto de cada reportagem as explicações dadas para a ocorrência dos fenômenos;
 - apresentem as reportagens para os demais colegas da classe, localizando no mapa cada uma das regiões envolvidas;

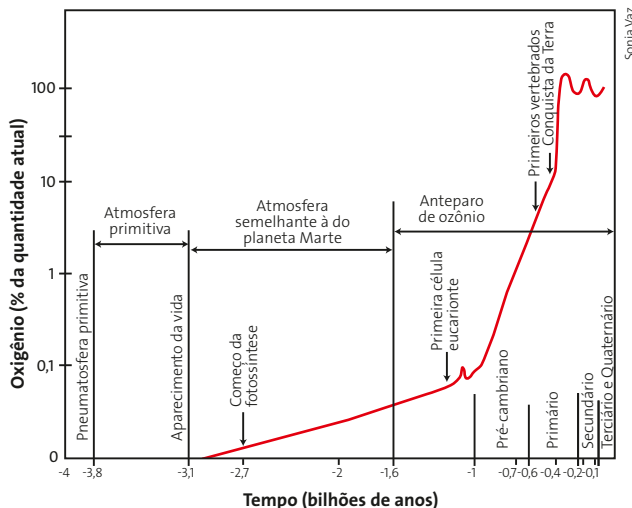


Testes

REGISTRE
NO CADERNO



1. (Enem) O gráfico abaixo representa a evolução da quantidade de oxigênio na atmosfera no curso dos tempos geológicos. O número 100 sugere a quantidade atual de oxigênio na atmosfera, e os demais valores indicam diferentes porcentagens dessa quantidade.



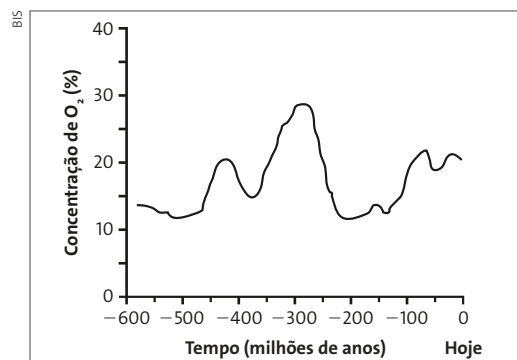
De acordo com o gráfico, é correto afirmar que:

- x a) as primeiras formas de vida surgiram na ausência de O_2 .
- b) a atmosfera primitiva apresentava 1% de teor de oxigênio.
- c) após o início da fotossíntese, o teor de oxigênio na atmosfera se mantém estável.
- d) desde o Pré-cambriano, a atmosfera mantém os mesmos níveis de teor de oxigênio.
- e) na escala evolutiva da vida, quando surgiram os anfíbios, o teor de oxigênio atmosférico já se havia estabilizado.

2. (Enem) Em certos locais, larvas de moscas, criadas em arroz cozido, são utilizadas como iscas para pesca. Alguns criadores, no entanto, acreditam que essas larvas surgem espontaneamente do arroz cozido, tal como preconizado pela teoria da geração espontânea.

Essa teoria começou a ser refutada pelos cientistas ainda no século XVII, a partir dos estudos de Redi e Pasteur, que mostraram experimentalmente que:

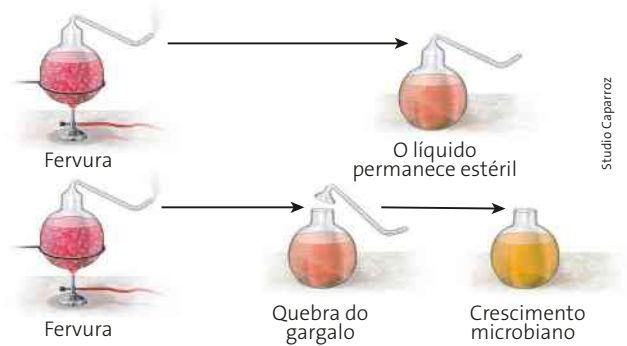
- a) seres vivos podem ser criados em laboratório.
- b) a vida se originou no planeta a partir de microrganismos.
- x c) o ser vivo é oriundo da reprodução de outro ser vivo preexistente.
- d) seres vermiformes e microrganismos são evolutivamente aparentados.
- e) vermes e microrganismos são gerados pela matéria existente nos cadáveres e nos caldos nutritivos, respectivamente.
3. (Enem) Pesquisas recentes estimam o seguinte perfil da concentração de oxigênio (O_2) atmosférico ao longo da história evolutiva da Terra:



No período Carbonífero entre aproximadamente 350 e 300 milhões de anos, houve uma ampla ocorrência de animais gigantes, como por exemplo insetos voadores de 45 centímetros e anfíbios de até 2 metros de comprimento. No entanto, grande parte da vida na Terra foi extinta há cerca de 250 milhões de anos, durante o período Permiano. Sabendo-se que o O_2 é um gás extremamente importante para os processos de obtenção de energia em sistemas biológicos, conclui-se que:

- a) a concentração de nitrogênio atmosférico se manteve constante nos últimos 400 milhões de anos, possibilitando o surgimento de animais gigantes.
 - b) a produção de energia dos organismos fotosintéticos causou a extinção em massa no período Permiano por aumentar a concentração de oxigênio atmosférico.
 - ☒ c) o surgimento de animais gigantes pode ser explicado pelo aumento de concentração de oxigênio atmosférico, o que possibilitou uma maior absorção de oxigênio por esses animais.
 - d) o aumento da concentração de gás carbônico (CO_2) atmosférico no período Carbonífero causou mutações que permitiram o aparecimento de animais gigantes.
 - e) a redução da concentração de oxigênio atmosférico no período Permiano permitiu um aumento da biodiversidade terrestre por meio da indução de processos de obtenção de energia.
- 4.** (Fuvest-SP) Em artigo publicado no suplemento Mais!, do jornal *Folha de S. Paulo*, de 6 de agosto de 2000, José Reis relata que pesquisadores canadenses demonstraram que a alga unicelular *Cryptomonas* resulta da fusão de dois organismos, um dos quais englobou o outro ao longo da evolução. Isso não é novidade no mundo vivo. Como relata José Reis: “[...] É hoje corrente em Biologia, após haver sido muito contestada inicialmente, a noção de que certas organelas [...] são remanescentes de células que em tempos idos foram ingeridas por célula mais desenvolvida. Dá-se a esta o nome de hospedeira e o de endossimbiontes às organelas que outrora teriam sido livres”. São exemplos de endossimbiontes em células animais e em células de plantas, respectivamente,
- a) aparelho de Golgi e centríolos;
 - b) centríolos e vacúolos;
 - c) lisossomos e cloroplastos;
 - d) mitocôndrias e vacúolos;
 - ☒ e) mitocôndrias e cloroplastos.

- 5.** (UPE-PE) O experimento, utilizando-se de frascos de vidro, com o formato de “pescoço de cisne”, contendo um “caldo nutritivo” e submetido primeiramente ao isolamento e posteriormente à exposição ao ar, conforme figura abaixo, foi usado para se provar a origem da vida.



O autor e a teoria por ele provada foram, respectivamente:

- a) Charles Darwin e Teoria da Evolução.
 - b) Francesco Redi e Teoria da Abiogênese.
 - c) Aristóteles e Teoria da Geração Espontânea.
 - ☒ d) Louis Pasteur e Teoria da Biogênese.
 - e) Louis Joblot e Teoria da Seleção Natural.
- 6.** (Unicamp-SP) Na antiguidade, alguns cientistas e pensadores famosos tinham um conceito curioso sobre a origem da vida e em alguns casos existiam até receitas para reproduzir esse processo. Os experimentos de Pasteur foram importantes para a mudança dos conceitos e hipóteses alternativas para o surgimento da vida. Evidências sobre a origem da vida sugerem que:
- ☒ a) a composição química da atmosfera influenciou o surgimento da vida.
 - b) os coacervados deram origem às moléculas orgânicas.
 - c) a teoria da abiogênese foi provada pelos experimentos de Pasteur.
 - d) o vitalismo é uma das bases da biogênese.
- 7.** (PUC-RS) Há menos de 2 bilhões de anos, as primeiras células que replicavam seu DNA e que deram origem às linhagens hoje existentes teriam sido exterminadas se:
- a) fossem de tamanho minúsculo.
 - b) vivessem isoladas e independentes.
 - c) fossem envoltas por uma membrana.
 - d) sintetizassem moléculas contendo carbono.
 - ☒ e) ficassem expostas à radiação da luz ultravioleta.

A química da vida

Eric Audras/Onoky/Corbis/Latinstock



Figura 8.1. A vida depende do ciclo da matéria e do fluxo de energia. Essa fotografia de jovens se alimentando de frutos simboliza parte disso. Os frutos são produzidos pelas plantas, seres clorofilados que conseguem sintetizar substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas (água e gás carbônico) em presença de luz. Frutos e outras partes das plantas servem de alimento para certos organismos, como o nosso. Ao ingerirmos os frutos, seus componentes químicos servirão de matéria-prima para a produção de outras substâncias dentro de nosso corpo, e as substâncias orgânicas ingeridas, ao serem quebradas no processo de respiração celular, fornecerão a energia necessária aos diferentes processos vitais.



Pense nisso

- O seu corpo e o de outros seres vivos apresentam uma variedade de substâncias químicas. Mencione cinco delas e cite pelo menos uma função de cada uma no corpo.
- Se você quisesse comer um alimento rico em carboidratos e suas opções fossem queijo, pão e bife, qual deles escolheria? Se dentro dessa lista de alimentos você quisesse comer o que contém mais proteínas, qual escolheria?
- Você sabe qual é a função do colesterol no nosso organismo?
- Como você definiria o conceito de vitamina? E o de proteína?
- A sigla DNA tem sido amplamente difundida pelos meios de comunicação. Se estivéssemos interessados em estudar o DNA de uma pessoa, em que tipo de estrutura do corpo dessa pessoa encontraríamos moléculas de DNA? Por quê?

1. Introdução

No capítulo anterior, analisamos o universo biológico desde o começo da vida, ou seja, foram apresentadas as hipóteses sobre a origem dos seres vivos e, de forma bastante resumida, as modificações que ocorreram em nosso planeta desde sua origem até os dias de hoje.

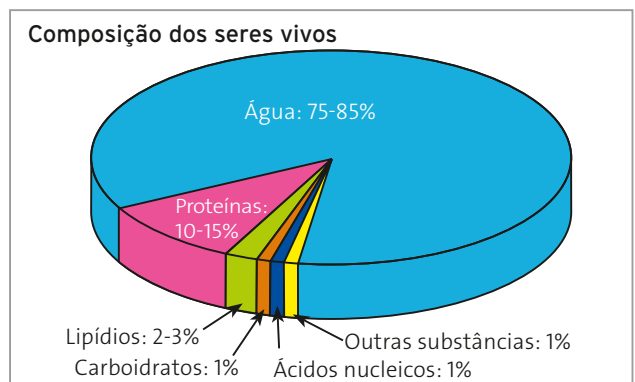
Agora, vamos entrar no universo celular e saber um pouco mais a respeito das substâncias inorgânicas e das substâncias orgânicas que formam as células. Para isso, precisaremos de noções de Bioquímica, que serão introduzidas sem torná-las o principal objeto de nosso estudo, mas dadas apenas em quantidade suficiente para compreendermos o funcionamento das células. Você verá, na disciplina de Química, muito mais sobre Bioquímica e Química Orgânica e Inorgânica.

As substâncias inorgânicas estão representadas pela água e pelos sais minerais; as substâncias orgânicas, pelos carboidratos (como os açúcares), lipídios (como as gorduras e os óleos), proteínas e ácidos nucleicos, além das vitaminas.

A porcentagem média dessas substâncias no corpo dos seres vivos varia nos diferentes grupos e em células dos diferentes tecidos, mas a água é a substância mais abundante. O gráfico representado na [figura 8.2](#)

apresenta a porcentagem média dessas substâncias no corpo dos animais: as proteínas correspondem a cerca de 14% e os lipídios, a aproximadamente 3%. As demais substâncias — carboidratos, ácidos nucleicos e minerais — ocorrem em porcentagens de 1% cada uma. Nas células vegetais, os teores de água e de carboidratos são mais elevados, e o teor de proteínas é menor.

Analisaremos, inicialmente, a importância da água e dos sais minerais para os seres vivos e, em seguida, a importância das substâncias orgânicas.



▲ **Figura 8.2.** Gráfico mostrando porcentagens aproximadas dos componentes químicos do corpo dos seres vivos, tomando-se por base os animais.

Studio Caparroz

Professor(a), todo o conteúdo deste capítulo tem forte interação com a Química. Se até esse momento, no curso de Química, os estudantes não foram introduzidos aos conceitos aqui discutidos, seria interessante que você e o(a) responsável pela disciplina de Química trocassem informações sobre como atuar para que o trabalho possa ser harmônico e integrado.

2. A água

A água é a substância mais abundante dentro e fora do corpo dos seres vivos. O surgimento e a manutenção da vida no nosso planeta estão associados à água.

Vamos ver, então, de forma simplificada e resumida, o que essa substância tão comum tem de especial para que a vida dependa tanto dela.

A molécula de água é formada por dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio (H_2O). A disposição espacial desses átomos não é linear; eles formam um ângulo, como representado na [figura 8.3](#).

Essa disposição dos átomos estabelece, na molécula, uma zona positiva de um lado e uma zona negativa do lado oposto. Moléculas que apresentam uma zona positiva e uma negativa são chamadas moléculas

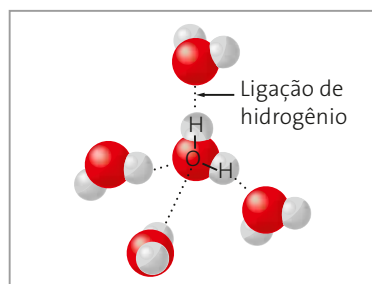
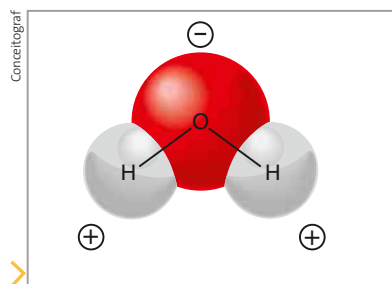
polares; as que não apresentam essas duas zonas são chamadas **apolares**, como é o caso da maioria dos lipídios (gorduras, óleos e ceras).

Por causa da atração entre cargas elétricas opostas, cada molécula de água tende a se unir a outras quatro, de modo que um átomo de hidrogênio de uma molécula sempre se ligue ao átomo de oxigênio de outra molécula. Essas interações são denominadas **ligações de hidrogênio** ([Fig. 8.4](#)).

As moléculas de água ficam fortemente unidas, mantendo a água fluida e estável em condições normais de temperatura e pressão.

Essa forte atração entre as moléculas de água é denominada **coesão**.

Figura 8.3. Representação artística da molécula de água. (Cores fantasia.)



▲ **Figura 8.4.** Representação artística da interação entre moléculas de água por meio de ligações de hidrogênio. (Cores fantasia.)

A coesão entre as moléculas de água no estado líquido é responsável por sua alta **tensão superficial**. É devido a essa propriedade que certos insetos e outros pequenos animais conseguem pousar e mesmo andar sobre a água parada, sem afundar (Fig. 8.5). Gotas que se formam sobre certas superfícies, e mesmo as que pendem como pingos em torneiras, têm sua forma mantida pela tensão superficial da água. Essas gotas se desfazem no momento em que a tensão é rompida.

As moléculas de água tendem a se unir também a outras moléculas polares, processo denominado **adesão**.

Entretanto, a água não se adere a moléculas apolares, como as de gordura, de óleo e de cera, que são lipídios. É por isso que a água forma gotinhas em superfícies enceradas ou oleosas.

Figura 8.5. Fotografia de inseto pousado sobre a água. Em função da tensão superficial, ele não afunda. Mede cerca de 1,5 cm de comprimento. >

A coesão e a adesão são responsáveis por outra importante propriedade da água: a **capilaridade** (do latim: *capillum* = cabelo). A capilaridade é um dos fatores pelos quais as plantas conseguem transportar a água que retiram do solo até as folhas: os vasos condutores de seiva são verdadeiros capilares.



Biosphoto/Thierry N/Diomedea



Despertando ideias

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

REGISTRE
NO CADERNO



Capilaridade

Vamos nessa experimentação responder à pergunta: que diâmetro (calibre) um tubo deve ter para que a água possa subir em função da capilaridade? Vamos testar a seguinte hipótese: quanto menor o diâmetro do tubo mais a água sobe por capilaridade.

Para verificar essa hipótese, propomos a seguinte montagem experimental, mas você pode pensar em outras juntamente com o(a) professor(a) e colegas de classe. Usem a criatividade!

Materiais

- Cuba com água;
- Quatro tubos de plástico transparente, finos, mas com diâmetros distintos entre 1 mm e 1 cm aproximadamente.

Procedimento

1. Coloque os quatro tubos verticalmente dentro da cuba de água.
2. Anote a altura que a água sobe em cada um deles.

Discussão

1. Em qual dos tubos a água subiu mais?
2. Em algum dos tubos a água não subiu?
3. Sua hipótese foi corroborada?
4. Use os conceitos de adesão e coesão para explicar os resultados de seu experimento.
5. Quais modificações você faria para aprimorar esse experimento ou montar um outro diferente desse?
6. A água sobe por capilaridade em espaços estreitos que não são necessariamente tubos. Elabore uma montagem experimental para verificar a hipótese de que, em espaços estreitos, a água sobe mais do que em espaços maiores até um determinado valor, a partir do qual a água não sobe mais.

Outra característica da água é seu alto **calor específico**. Calor específico de uma substância é a quantidade de calor necessária para elevar em 1 °C a temperatura de 1 g dessa substância. Quanto maior for a quantidade de calor necessária, maior será o calor específico da substância.

Entre os líquidos, o calor específico da água só é menor que o da amônia. O alto calor específico da água no estado líquido decorre das ligações de hidrogênio que unem suas moléculas e são responsáveis por seu poder de coesão. Com isso, há necessidade de grande quantidade de calor para romper um número suficiente de ligações de hidrogênio que permita movimentação maior e mais livre de moléculas de água.

Graças a seu alto calor específico, as trocas de calor entre a água e o ar são mais lentas, daí sua propriedade de manter a temperatura mais constante por certo tempo. Em função dessa propriedade da água, a temperatura mantém-se equilibrada dentro da célula, sem variações bruscas, que afetariam o metabolismo celular. Isso é importante, pois as reações químicas celulares ocorrem em um intervalo pequeno de temperatura.

Para que ocorra evaporação, ou seja, para que uma substância passe do estado líquido para o estado de vapor, há necessidade de certa quantidade de calor. Essa quantidade de calor é conhecida por **calor de vaporização**.

No caso da água, em função das ligações de hidrogênio e da coesão, é necessária uma quantidade de calor relativamente grande para que uma molécula de água se desprenda das demais, provocando o processo de evaporação. Portanto, o calor de vaporização da água é alto.

Assim, na evaporação, a água consome grande quantidade de calor das superfícies com as quais está em contato, fazendo com que elas se resfriem. Um dos principais mecanismos de redução da temperatura corpórea, evitando o superaquecimento do corpo dos seres vivos, é justamente a evaporação (Fig. 8.6).

A passagem de uma substância do estado líquido para o sólido chama-se solidificação. Para que ela ocorra, é necessário haver liberação de calor das substâncias.

A água no estado líquido passa para o estado sólido (gelo) quando submetida a temperaturas abaixo de 0 °C por algum tempo. Essa característica é muito importante para a vida na Terra: se a água congelasse em temperaturas mais elevadas, os seres vivos morreriam,

pois a água presente em suas células congelaria facilmente, formando cristais de gelo que perfurariam as estruturas celulares.

A água é o único fluido que, ao congelar, se expande e se torna menos denso que a forma líquida. Por isso, o gelo flutua na água líquida. Esse fator é decisivo para a existência de vida em ambientes aquáticos de regiões temperadas e frias, pois os organismos conseguem viver sob a camada de gelo.

A água tem grande poder de **dissolução**, sendo considerada o dissolvente (ou solvente) universal. Essa propriedade está relacionada com a polaridade da molécula e seu grande poder de adesão: quando moléculas polares entram em contato com a água, esta tem a tendência de envolver essas moléculas, separando-as. Além de dissolver moléculas polares, a água é também ótimo solvente para os sais minerais.

A propriedade solvente da água é importantíssima, pois todos os reagentes químicos contidos dentro das células estão dissolvidos na água; e todas as reações químicas celulares ocorrem em meio líquido.

As substâncias que se dissolvem na água são chamadas **hidrofílicas** (*hidro* = água; *philus* = amigo) e as que não se dissolvem na água são chamadas **hidrofóbicas** (*phobos* = medo).

A água participa de muitas reações químicas dentro das células. Essa participação pode ocorrer de duas maneiras principais (Fig. 8.7):

- reações de síntese por desidratação, ou seja, por perda de água: duas ou mais moléculas se unem e nesse processo há liberação de molécula de água;
- reações de quebra por hidrólise (*lise* = quebra): uma molécula é quebrada em duas, e nesse processo há entrada de molécula de água.



Figura 8.6. Por causa do alto calor de vaporização da água, a evaporação do suor resfria a superfície de nosso corpo.

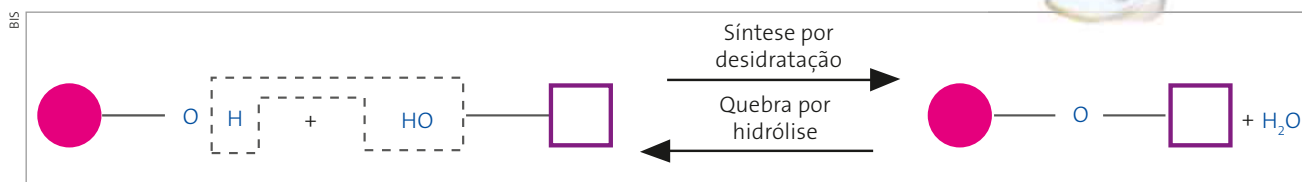


Figura 8.7. Representação esquemática de síntese por desidratação e de quebra por hidrólise.

3. Sais minerais

Os sais minerais podem participar como constituintes de estruturas esqueléticas do corpo dos seres vivos, como é o caso do fosfato de cálcio, abundante nos ossos e nos dentes. Podem também ocorrer dissolvidos em água, caso em que eles se dissociam em íons, que são partículas com carga elétrica positiva ou negativa. Os íons são fundamentais ao metabolismo celular.

O quadro seguinte (Fig. 8.8) apresenta resumidamente alguns desses íons, suas principais funções no organismo humano e suas principais fontes alimentares.

Íons	Principais funções	Principais fontes alimentares
Cálcio	- Participa da formação e manutenção da estrutura de ossos e dentes e da coagulação sanguínea. - Faz parte do processo de transmissão de impulsos nervosos, dos batimentos cardíacos, da regulação da contração muscular.	Leite e derivados, vegetais verde-escuros.
Fósforo	- Participa da formação e manutenção da estrutura de ossos e dentes. - Faz parte da molécula de ácido nucleico e de uma importante substância que atua na célula como reserva de energia: o ATP (trifosfato de adenosina).	Leite e derivados, carnes, aves, peixes, cereais, legumes.
Potássio	- Participa do processo de contração muscular, da regulação da pressão sanguínea, do processo de transmissão de impulsos nervosos, da manutenção do equilíbrio hídrico. - Participa da síntese de glicogênio, de proteínas e do metabolismo energético.	Verduras, frutas, leguminosas, carnes, leite.
Sódio	- Atua na regulação do equilíbrio hídrico. - Participa da transmissão dos impulsos nervosos e do relaxamento muscular.	Sal comum de cozinha.
Cloro	Atua na manutenção do equilíbrio hídrico.	Sal comum de cozinha.
Magnésio	Participa na contração muscular.	Cereais, vegetais e frutas.
Ferro	Compõe a hemoglobina e a mioglobina — pigmentos que têm grande afinidade com gases respiratórios, como o oxigênio.	Carnes, fígado, vegetais verde-escuros, leguminosas.
Zinco	- Faz parte das enzimas e dos hormônios que participam das principais vias metabólicas. - Atua no processo de cicatrização. - Compõe as enzimas envolvidas na digestão.	Carnes, fígado, ovos, mariscos, cereais.
Iodo	Faz parte dos hormônios da glândula tireóidea, que regulam o metabolismo. Sua falta pode causar o hipotireoidismo, que pode levar ao desenvolvimento acentuado da glândula tireóidea, determinando o bócio.	Peixes, frutos do mar e sal iodado.
Flúor	Participa da manutenção da estrutura dos ossos e do esmalte dos dentes.	Peixes e água fluoretada.
Cromo	Atua no metabolismo energético e no metabolismo da glicose.	Cereais integrais, levedo de cerveja e carnes.
Selênio	Funciona em íntima associação com a vitamina E.	Mariscos, carnes, fígado, cereais e leguminosas.
Manganês	Contribui na utilização da glicose para o fornecimento de energia.	Cereais, frutas e verduras.
Molibdênio	Faz parte de algumas enzimas.	Cereais integrais, leguminosas e leite.

Figura 8.8. Quadro de alguns íons importantes para a saúde humana, suas principais funções e fontes alimentares.



FALSOS SAUDÁVEIS

[...]

Aliados na luta contra o excesso de calorias e doenças como o diabetes, alimentos *diet* e *light* podem ser inimigos na luta contra doenças como a hipertensão. Nesses alimentos, o teor de sódio costuma ser maior do que nos similares convencionais, como mostra estudo da nutricionista Waleska Nishida, do Programa de Pós-graduação em Nutrição da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

[...]

Os resultados são um alerta para os consumidores: o teor de sódio dos alimentos IR [alimentos com isenção ou redução de nutrientes] foi, em média, 43% maior que o dos similares convencionais. Caldos, pós para refresco, gelatinas, refrigerantes e balas estão entre os alimentos com maior teor de sódio. Já picolés, cereais e mistura para bolo *diet* ou *light* têm menos sódio que a versão convencional desses alimentos.

Embora na maioria das vezes os alimentos conttenham sódio em sua composição natural, muitos recebem acréscimo da substância no processo de fabricação. A adição é feita para realçar o sabor, modificar a textura ou substituir algum ingrediente.

Consumido em excesso, o sódio pode desencadear não só hipertensão, mas também problemas renais, doenças cardiovasculares e até certos tipos de câncer. A Organização Mundial da Saúde recomenda o consumo máximo de 2 g de sódio por dia, o equivalente a 5 g de sal de cozinha. [...]

Embora o exame de rótulos de produtos alimentícios não seja tarefa simples para os consumidores, estes devem estar atentos ao que consomem. “A simples alegação, em destaque no rótulo, de que um produto é livre de gordura não deve fazer com que o consumidor acredite que ele está livre de outros possíveis elementos nocivos à saúde”, adverte Nishida.



Thinkstock/Getty Images

Figura 8.9. O consumo excessivo de sódio, presente no sal de cozinha (composto principalmente pelo cloreto de sódio), pode causar hipertensão arterial, doenças renais e cardiovasculares. A atenção, porém, não se restringe ao sal: deve-se ficar atento aos rótulos dos alimentos industrializados.

SCHRAMM, F. P. Falsos saudáveis. *Revista Ciência Hoje On-line*. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2013/10/falsos-saudaveis>>. Acesso em: mar. 2016.

4. Vitaminas

O termo vitamina é empregado para nomear substâncias orgânicas necessárias em pequenas quantidades para as atividades metabólicas de um organismo e que não são sintetizadas por ele. Uma exceção é a vitamina D, que pode ser sintetizada na pele sob ação de raios solares a partir de um lipídio.

Quimicamente, as vitaminas não formam uma classe homogênea, pois são substâncias com diferentes origens.

As vitaminas solúveis em água são chamadas **hidrossolúveis** e as vitaminas solúveis em lipídios, **lipossolúveis**.

As necessidades diárias de vitaminas são supridas por meio de uma alimentação variada. A falta de vitaminas pode causar doenças chamadas avitaminoses, e sua ingestão muito além das doses recomendadas pode ser prejudicial, determinando as hipervitaminoses.

Veja no quadro da próxima página (Fig. 8.10) alguns dados sobre vitaminas importantes para a espécie humana.

Vitaminas	Principais funções e sintomas de sua deficiência	Principais fontes alimentares
B₁ — Tiamina	- Atua no metabolismo de carboidratos e gorduras. É necessária na respiração celular e na condução de impulsos nervosos. - A deficiência pode causar o beribéri (inflamação e degeneração dos nervos), insuficiência cardíaca e distúrbio mental.	Carnes, legumes, cereais integrais e verduras.
B₂ — Riboflavina	- Atua na respiração celular e na produção de glóbulos vermelhos. - A deficiência pode causar fissuras na pele, como rachaduras no canto da boca, anemia e fotofobia.	Laticínios, carnes, cereais integrais, verduras, leite, ovos e fígado.
B₃ — Niacina	- Atua na respiração celular e é especialmente importante para células da epiderme, epitélio intestinal e nervos. - A deficiência pode causar a pelagra (lesões na pele, diarreia e distúrbios nervosos).	Nozes, carnes, cereais integrais e fígado.
B₅ — Ácido pantotênico	- Atua na respiração celular e no metabolismo das gorduras. - A deficiência pode causar anemia, fadiga, formigamento nas mãos e nos pés.	Carnes, laticínios, cereais integrais e verduras.
B₆ — Piridoxina	- Atua no metabolismo de proteínas, na síntese de hemoglobina e no sistema nervoso. - A deficiência pode causar anemia, convulsões e contrações musculares involuntárias.	Carnes, verduras, cereais integrais, leite, fígado e peixe.
B₈ ou H — Biotina	- Atua na síntese de queratina. - A deficiência pode causar inflamações na pele e distúrbios neuromusculares.	Legumes, verduras e carnes.
B₉ — Ácido fólico	- Durante o desenvolvimento embrionário, atua na formação do tubo neural, que dá origem ao sistema nervoso. - A deficiência pode causar anemia e, em gestantes, má-formação do feto.	Vegetais verdes, laranja, nozes, legumes, cereais integrais. É também sintetizado em nosso corpo por bactérias da flora intestinal normal.
B₁₂ — Cobalamina	- Atua nos neurônios e glóbulos vermelhos. - A deficiência pode causar anemia perniciosa, distúrbios do sistema nervoso e hemácias malformadas.	Carnes, ovos e laticínios.
C — Ácido ascórbico	- Atua na síntese de colágeno e age como antioxidante. - A deficiência pode causar escorbuto (lesões na mucosa intestinal com hemorragias, sangramento das gengivas, fraqueza).	Frutas, especialmente as cítricas, verduras e legumes.

	Vitaminas	Principais funções e sintomas de sua deficiência	Principais fontes alimentares
Lipossolúveis	A — Retinol, nos animais. (As plantas possuem pigmentos carotenoides que, quando ingeridos, são transformados em retinol no fígado.)	- Necessária à manutenção da integridade da pele e dos epitélios respiratório, intestinal e urinário; atua na síntese de pigmentos da retina. - A deficiência pode causar pele escamosa e seca e problemas de visão, especialmente cegueira noturna.	Vegetais verdes e amarelos, frutas amarelas e alaranjadas, fígado, leite e derivados, gema de ovo, óleo de fígado de bacalhau.
	D — Calciferol	- Estimula absorção de cálcio e fósforo no intestino. - A deficiência em crianças pode causar raquitismo (enfraquecimento e deformação dos ossos) e, em adultos, enfraquecimento dos ossos. Atualmente, a lista de benefícios dessa vitamina para o ser humano aumentou muito: ela está associada a emagrecimento, fortalecimento do sistema imunitário, prevenção do diabetes tipo 2 e da hipertensão, além de estar relacionada com a formação de vários hormônios.	A vitamina D é produzida na pele humana, sob a ação dos raios solares, e no fígado, a partir de substâncias precursoras presentes principalmente em laticínios, gema de ovo, vegetais ricos em óleos e peixes de águas frias.
	E — Tocoferol	- Age como antioxidante. - Acredita-se que a deficiência esteja relacionada à anemia e à esterilidade.	Gérmen de trigo, cereais integrais, vegetais folhosos, óleos vegetais, gema de ovo.
	K — Filoquinona	- É um dos fatores necessários à coagulação sanguínea. - A deficiência pode causar ausência de formação de coágulos e hemorragias.	Vegetais, chá; também é produzida por bactérias da flora intestinal normal do ser humano.

Fonte: REECE, J. B. et al. *Campbell Biology*. 10. ed. Glenview: Pearson Education, Inc., 2014.

Figura 8.10. Quadro de vitaminas hidrossolúveis e lipossolúveis, com suas principais funções, sintomas de deficiência e principais fontes alimentares.

5. Carboidratos

Os carboidratos são também chamados glicídios ou hidratos de carbono. Eles podem ser divididos em três grupos:

- monossacarídeos: açúcares simples;
- dissacarídeos: açúcares formados pela união de duas moléculas de monossacarídeos;
- polissacarídeos: carboidratos formados pela união de muitas moléculas de monossacarídeos.

5.1. Monossacarídeos

Os monossacarídeos são os glicídios mais simples. A fórmula geral de suas moléculas é $(CH_2O)_n$.

Os nomes dados aos monossacarídeos dizem respeito ao número de átomos de carbono da molécula:

- trioses: com três átomos de carbono ($C_3H_6O_3$);
- tetroses: com quatro átomos de carbono ($C_4H_8O_4$);
- pentoses: com cinco átomos de carbono ($C_5H_{10}O_5$);
- hexoses: com seis átomos de carbono ($C_6H_{12}O_6$).

Para os organismos, os principais monossacarídeos são as pentoses e as hexoses.

Entre as pentoses existem duas particularmente importantes: a **ribose** e a **desoxirribose**, que participam da constituição dos ácidos nucleicos, respectivamente do RNA e do DNA.

Como principais exemplos de hexoses, citamos a **glicose**, a **frutose** e a **galactose**, importantes fontes de energia para os seres vivos.

5.2. Dissacarídeos

São formados pela união de dois monossacarídeos. A **sacarose** (açúcar da cana) é um exemplo de dissacarídeo formado pela união da glicose com a frutose. A **lactose** (açúcar do leite) é um dissacarídeo formado por glicose e galactose.

Na reação entre duas moléculas de monossacarídeos, há liberação de uma molécula de água, e fala-se em síntese por desidratação. Inversamente, na quebra de um dissacarídeo, há entrada de uma molécula de água, e fala-se em quebra por hidrólise, processo geralmente envolvido na digestão química de muitos alimentos.

Os dissacarídeos são solúveis em água, mas não são imediatamente aproveitáveis como fonte de energia. Para isso, precisam ser quebrados por hidrólise, dando origem a dois monossacarídeos, que então podem ser absorvidos (Fig. 8.11).

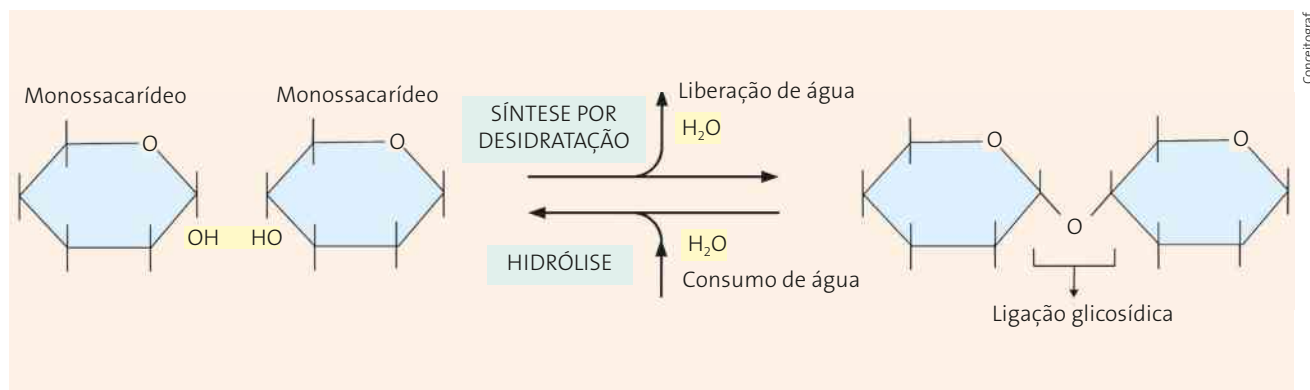


Figura 8.11. Esquema da reação entre dois monossacarídeos originando um dissacarídeo e vice-versa. A síntese do dissacarídeo se dá por perda de um hidrogênio e um grupo OH⁻ (chamado hidroxila) que se combinam, formando uma molécula de água. A ligação que se estabelece entre os dois monossacarídeos é a ligação glicosídica. Trata-se de uma síntese por desidratação. A quebra por hidrólise é outra reação, na qual uma molécula de água se decompõe em um hidrogênio e uma hidroxila, separando os monossacarídeos um do outro.

5.3. Polissacarídeos

Os polissacarídeos são constituídos por várias moléculas de monossacarídeos, principalmente a glicose, unidas entre si, formando extensas cadeias. Alguns apresentam nitrogênio ou enxofre em sua fórmula. São insolúveis em água e podem ser desdobrados em açúcares simples por hidrólise.

A insolubilidade dos polissacarídeos é vantajosa para os seres vivos por dois motivos: permite que eles participem como componentes estruturais da célula ou que funcionem como armazenadores de energia.

Como em cada ligação entre dois monossacarídeos há perda de uma molécula de água, a fórmula geral dos polissacarídeos formados a partir de hexoses é $(C_6H_{10}O_5)_n$.

5.4. Carboidratos na alimentação humana

É fundamental incluir carboidratos na nossa dieta. O amido, a sacarose, a glicose e a lactose são importantes como fontes de energia. O polissacarídeo celulose também é importante, mas não como fonte de energia. A celulose está presente na parede celular das células vegetais e não é digerida pelos seres humanos. Suas fibras são necessárias ao organismo para estimular o funcionamento do intestino, evitando o chamado “intestino preso”, que pode ocasionar doenças como hemorroidas e câncer intestinal.

O quadro a seguir (Fig. 8.12) apresenta um resumo com alguns exemplos de polissacarídeos.

Principais polissacarídeos e exemplos de sua ocorrência		
Polissacarídeos estruturais	Celulose	Polissacarídeo mais abundante na natureza. Encontrado principalmente nas plantas, participa da constituição da parede celular. Quando ingerimos alimentos de origem vegetal, a celulose não é digerida, sendo genericamente denominada fibra . Na dieta humana, a ingestão de fibras é importante para o bom funcionamento dos intestinos.
	Quitina	Polissacarídeo formado por várias moléculas de glicose e também por grupos amina (NH ₂). Ocorre na parede celular dos fungos e no exoesqueleto de artrópodes, como insetos, aranhas e crustáceos.
Polissacarídeos energéticos	Amido	Ocorre nas plantas e em certas algas. Tem função de reserva.
	Glicogênio	Encontrado nos fungos e nos animais. Tem função de reserva.

Figura 8.12. Quadro dos principais polissacarídeos encontrados na natureza, com exemplos de sua ocorrência.



Detecção de amido nos alimentos

O amido é um carboidrato do tipo polissacarídeo e é a principal substância de reserva energética (de glicose) de alguns seres vivos. Vamos fazer uma aula prática de identificação do amido em alguns alimentos de origem vegetal e animal, visando detectar qual deles tem amido como reserva.

Para isso, vamos usar o iodo, que, ao interagir com o amido, muda de cor, tornando-se azul-escuro ou arroxeado, dependendo da quantidade de amido. Se não houver reação, o iodo mantém a sua cor natural, que é marrom-amarelado.

Materiais

- 7 xícaras (das de café);
- fatias de maçã;
- caneta hidrocor;
- fatias de batata;
- água;
- miolo de pão;
- clara de ovo;
- leite;
- açúcar;
- tintura de iodo (vendida em farmácias).

Atenção: o iodo não deve ser ingerido nem levado à boca.

Procedimento

1. Pegue as sete xícaras e numere-as de 1 a 7 com a caneta hidrocor.
2. Adicione em cada uma delas uma amostra a ser testada da seguinte maneira:
Xícara 1: água;
Xícara 2: fatia fina de maçã;
Xícara 3: clara de ovo;
Xícara 4: miolo de pão;
Xícara 5: solução de água com açúcar;
Xícara 6: leite.
Xícara 7: fatia fina de batata;
3. Prepare a solução de iodo: em meia xícara contendo água, pingue 10 gotas da tintura de iodo.
4. Pingue cinco gotas dessa solução em cada um dos alimentos escolhidos.
5. Aguarde alguns minutos e observe a coloração resultante. Anote a coloração obtida em cada caso.

Discussão

1. Qual é a função da água da xícara 1 no experimento?
2. Qual(is) alimento(s) apresentou(aram) teste positivo para a presença de amido?
3. Esses alimentos com teste positivo são de origem animal ou vegetal?
4. Discuta com os colegas de classe e o (a) professor(a) como vocês poderiam promover modificações e melhorias nesses experimentos.

6. Lipídios

Os lipídios abrangem uma classe de compostos com estrutura muito variada que exercem diferentes funções biológicas. São substâncias fisicamente caracterizadas pela insolubilidade em água e solubilidade em solventes orgânicos, como o éter, o álcool e o clorofórmio.

Os principais grupos de lipídios serão abordados a seguir.

6.1. Carotenoides

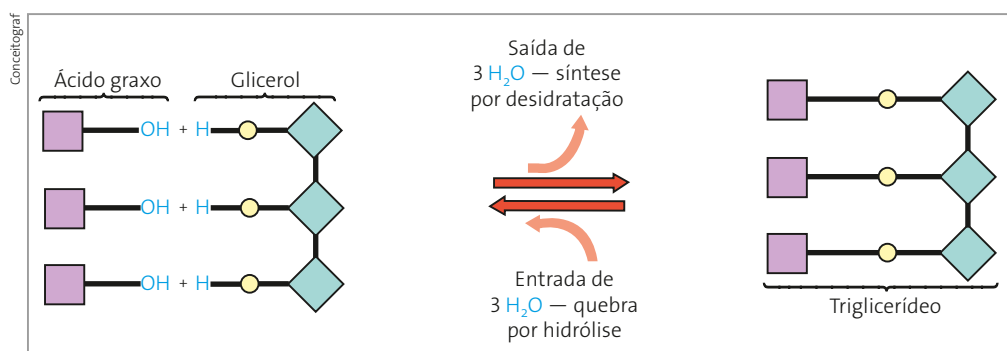
Os carotenoides são lipídios que, nas plantas e em certas algas, atuam como pigmentos. Existem dois grupos de carotenoides: **carotenos** e **xantofilas**. Os carotenos são pigmentos alaranjados; a eles se deve, por exemplo, a coloração da cenoura. As xantofilas são pigmentos que podem variar de amarelo a marrom-avermelhado.

Os carotenos devem fazer parte da alimentação humana, pois são precursores da vitamina A, importante para a visão (especialmente para evitar a cegueira noturna) e para a renovação de células da pele. A cor da pele humana, além de depender do pigmento melanina e da disposição dos vasos sanguíneos, depende também do caroteno que fica acumulado no tecido adiposo (do latim: *adeps* = gordura animal, banha; *oso* = cheio de) subcutâneo.

6.2. Triglicerídeos

Os triglicerídeos são representados por gorduras e óleos. Eles são formados pela reunião de três moléculas de ácidos graxos com glicerol (um álcool). Nessa união há saída de água (síntese por desidratação).

A decomposição dos triglicerídeos é feita por hidrólise, caso em que há entrada de água e separação dos ácidos graxos do glicerol (Fig. 8.13).



< **Figura 8.13.** Esquema da síntese e da hidrólise de um triglicerídeo. (Cores fantasia.)

Os óleos são encontrados principalmente em plantas, como é o caso dos óleos de algodão, de amendoim, de milho, de arroz e de soja. Também podem ser encontrados nos animais, como é o caso do óleo de fígado de bacalhau.

As gorduras ocorrem nos animais, acumulando-se principalmente em células adiposas. Nos mamíferos, essas células participam da formação de um tecido adiposo bem desenvolvido, localizado sob a pele. Esse tecido atua como reserva de energia e como proteção contra a perda de calor, pois é isolante térmico.

Os triglicerídeos constituem a forma de reserva de energia mais eficiente nos seres vivos. Um grama de triglicerídeo fornece aproximadamente o dobro da energia que um grama de carboidrato. Além disso, os triglicerídeos constituem uma forma de armazenamento de ácidos graxos, substâncias que participam de importantes processos metabólicos.

Os ácidos graxos são classificados em **saturados** e **insaturados**.

As moléculas dos ácidos graxos saturados formam a maior parte da gordura animal. As moléculas dos ácidos graxos insaturados ocorrem nos óleos presentes em plantas, como o girassol, o milho e a canola, e em certos peixes, como o salmão e o bacalhau.

No caso do ser humano, dietas ricas em ácidos graxos saturados podem contribuir para a ocorrência de doenças cardiovasculares, como a **aterosclerose**. Na aterosclerose ocorre perda da elasticidade da parede dos vasos sanguíneos.

Alguns ácidos graxos são considerados **essenciais**, pois não são sintetizados pelo organismo, devendo ser obtidos diretamente da dieta. Para a espécie humana, por exemplo, são considerados essenciais os ácidos graxos insaturados chamados **linoleico**, pertencente à família **ômega 6**, e o **linolênico**, da família **ômega 3**. Essas substâncias são encontradas principalmente em óleos de milho, girassol, gergelim, linhaça, canola, soja e oliva. O ômega 3 também é encontrado em peixes marinhos de águas frias.

GORDURAS TRANS

As margarinas são produzidas a partir de óleos vegetais que passam por um processo industrial chamado hidrogenação. Nesse processo, são adicionados hidrogênios aos ácidos graxos insaturados para que eles possam ficar sólidos em temperatura ambiente. Quanto mais dura for a margarina, maior é a quantidade de óleo vegetal hidrogenado que ela possui. É dessa maneira que se faz também a gordura vegetal hidrogenada.

Tanto as margarinas quanto as gorduras vegetais hidrogenadas são exemplos de gorduras *trans*, muito usadas em alimentos industrializados para aumentar a validade dos produtos e melhorar sua consistência.

O consumo exagerado de gordura *trans* produz efeitos nocivos no sistema cardiovascular, semelhantes aos de gorduras saturadas.

Desde 2006, a legislação determina que os produtos alimentícios industrializados apresentem em seu rótulo informações sobre a quantidade de gordura *trans* por porção que contêm. Porém, nos casos de produtos alimentícios em que a presença de gordura *trans* seja inferior a 0,2 g por porção, é permitido que a informação no rótulo seja “zero gordura *trans*”.

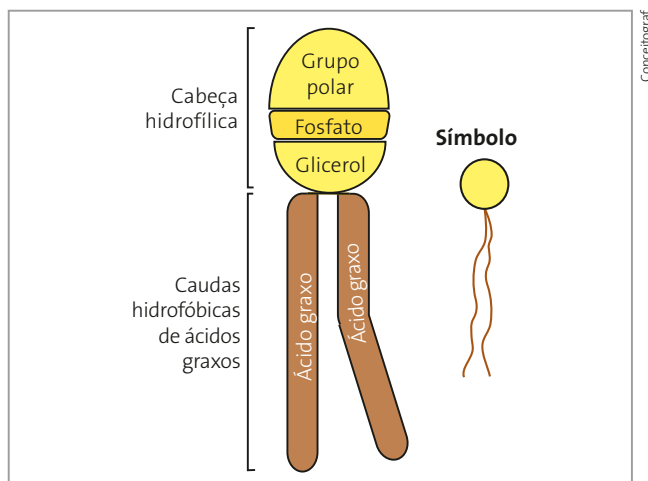
O problema é que muitos desses produtos são consumidos em quantidades maiores que as desejáveis, inclusive por crianças. É o caso de biscoitos recheados, pipoca de micro-ondas, sorvetes cremosos, batata frita, salgadinhos, chocolates, sopas e cremes instantâneos, bolos e massas industrializadas, maionese, massas folhadas e alimentos de *fast-food*. O consumo elevado desses alimentos pode fazer com que a pessoa ultrapasse facilmente o nível de consumo diário de gorduras *trans* recomendado, que é de 2 g.

6.3. Fosfolipídios

Os fosfolipídios são formados por duas moléculas de ácido graxo e uma molécula contendo fosfato, ligadas a uma molécula de glicerol (Fig. 8.14).

A membrana plasmática e todas as membranas celulares são formadas basicamente por duas camadas de fosfolipídios, com proteínas imersas nessas camadas. São, por isso, chamadas membranas lipo-proteicas. A estrutura mais detalhada dessas membranas será estudada no próximo capítulo.

Figura 8.14. Esquema da estrutura da molécula de fosfolipídio e símbolo usado para representar essa molécula. (Cores fantasia.)



As moléculas de fosfolipídio têm um comportamento particular em relação à água, como mostra a figura 8.15.

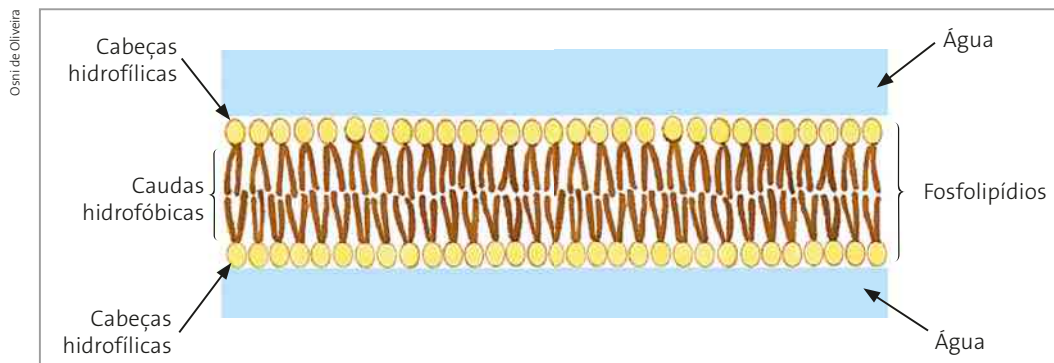


Figura 8.15. Esquema de bicamada lipídica, que se forma em virtude do arranjo dos fosfolipídios em contato com a água. (Cores fantasia.)

Uma parte da molécula apresenta afinidade com a água e outra parte, não. Diz-se que essas moléculas são formadas por “cabeça hidrofílica” e “cauda hidrofóbica”. Devido a essa propriedade, quando essas moléculas estão completamente envoltas por água, elas se dispõem naturalmente em duas camadas, ficando com a parte hidrofílica da molécula em contato com a água e a parte hidrofóbica de uma camada em contato com a parte hidrofóbica da outra camada. A formação de membranas com duas camadas de fosfolipídios assim dispostas é, portanto, um processo espontâneo.

Além disso, essas bicamadas de fosfolipídios, quando em água, tendem a se unir por suas extremidades, formando compartimentos fechados (Fig. 8.16). Só assim as partes hidrofóbicas podem ter o máximo de afastamento em relação às moléculas de água. Essa estrutura em vesículas fechadas é energeticamente mais estável. Por isso, quando, por qualquer motivo, essas membranas são rompidas, elas tendem a se unir novamente. Isso explica o grande poder de recuperação das membranas celulares.

Essa bicamada de fosfolipídios apresenta outra característica favorável para as membranas celulares: ela é fluida, permitindo movimentação de moléculas no plano da membrana.

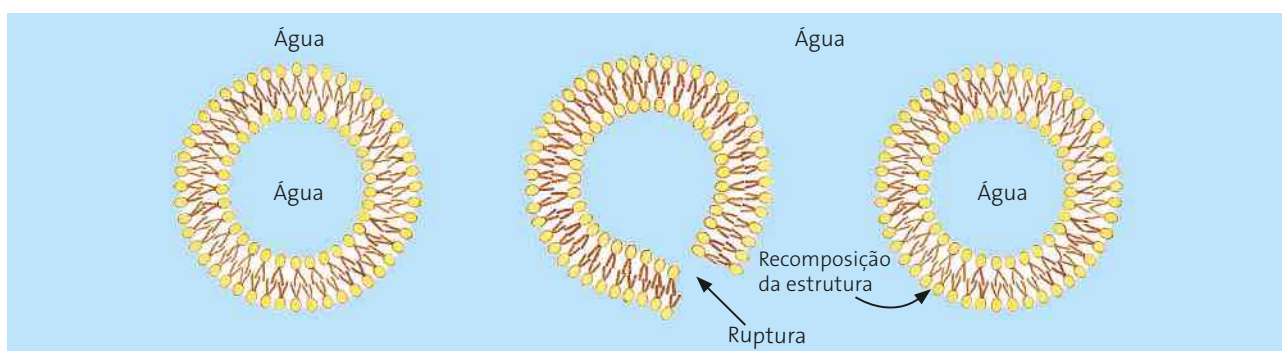


Figura 8.16. Representação esquemática da disposição espontânea de moléculas de fosfolipídios quando colocadas em meio aquoso. Se essa estrutura é rompida, ela tende a se fechar novamente. (Cores fantasia.)

6.4. Cerídeos

Os cerídeos são representados pelas ceras.

As ceras impermeabilizam as superfícies de folhas, frutos e pétalas, reduzindo, dessa forma, a evaporação. Servem, portanto, como um dos mecanismos para evitar a perda de água em plantas.

As abelhas são exemplos de animais que produzem cera, com a qual constroem suas colmeias.

6.5. Esteroides

Os esteroides formam um grupo particular de lipídios relativamente complexos.

O esteroide mais abundante nos tecidos animais é o **colesterol**, que é naturalmente produzido em nosso fígado. O colesterol participa da composição química das membranas celulares das células animais e é precursor do hormônio sexual masculino (testosterona), do hormônio sexual feminino (estrógeno), dos sais biliares e da vitamina D. Além do colesterol que o nosso corpo produz, ingerimos essa substância em alimentos de origem animal.

No sangue humano, o colesterol pode ser transportado associado a lipoproteínas (proteínas ligadas a lipídios) que podem ser de baixa densidade, identificadas pela sigla **LDL** (do inglês: *low density lipoprotein*), ou de alta densidade, identificadas pela sigla **HDL** (do inglês: *high density lipoprotein*).

A **LDL** transporta o colesterol proveniente do fígado para as células dos diferentes tecidos, onde o colesterol é empregado principalmente no reparo de membranas celulares. Quando em excesso, no entanto, as LDLs acumulam-se na parede de artérias e sofrem oxidação. Isso provoca uma resposta inflamatória que acaba por levar à formação de uma placa com depósitos gordurosos recobertos por cálcio, em uma tentativa do corpo de isolar a área afetada. Isso causa o endurecimento da artéria, falando-se em aterosclerose. A placa formada chama-se ateroma. A aterosclerose tem várias outras causas, sendo o excesso de LDL apenas uma delas. Esses ateromas podem causar também o entupimento das artérias, reduzindo ou impedindo o fluxo de sangue. Isso causa isquemia nos tecidos irrigados pela artéria e as consequências podem ser muito graves. Por exemplo, se o ateroma bloquear completamente a passagem do sangue nas artérias do coração, a pessoa pode ter um infarto do miocárdio, popularmente chamado de ataque cardíaco. Por isso, a LDL é chamada de “mau colesterol”.

Já a **HDL**, chamada “bom colesterol”, une-se ao colesterol em excesso no sangue, transportando-o para o fígado, onde é degradado e excretado sob a forma de sais biliares.

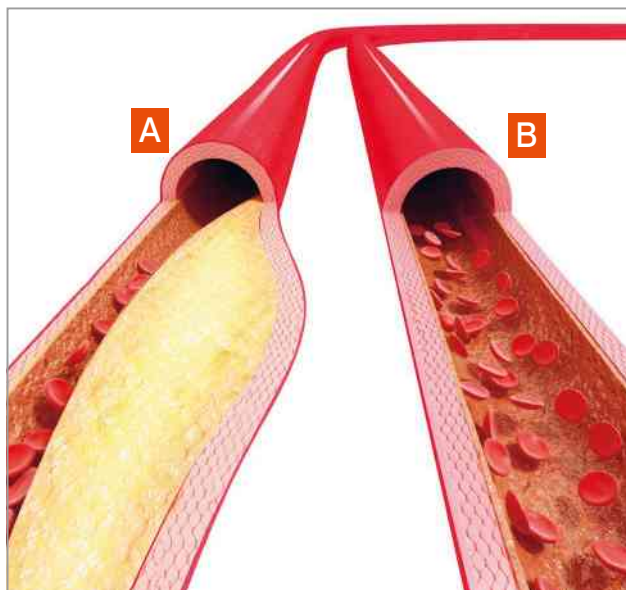
O esquema representado na **figura 8.17** compara uma artéria obstruída a uma livre de ateromas.

Note que a denominação de “mau” e “bom” colesterol refere-se ao papel desempenhado pelas lipoproteínas, já que a molécula de colesterol é a mesma nos dois casos.

Os ácidos graxos insaturados colaboram reduzindo o “mau colesterol” e prevenindo doenças circulatórias; os saturados produzem efeito contrário.

Plantas e fungos não têm colesterol, mas apresentam outros esteroides.

Figura 8.17. Comparação entre uma artéria com obstrução causada pelo excesso de colesterol (**A**) e uma artéria saudável (**B**). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.) ➤



PixologicStudio/SPL/LatinStock



Colocando em foco

ESTEROIDES ANABOLIZANTES

Os esteroides estão largamente difundidos no corpo. Um exemplo é o colesterol, molécula a partir da qual se formam outros esteroides no organismo. É o caso do hormônio sexual feminino chamado estradiol, produzido nos ovários, e do hormônio sexual masculino testosterona, produzido nos testículos.

A testosterona tem efeito anabólico, ou seja, controla a síntese de moléculas grandes a partir de moléculas pequenas. Nos músculos promove o aumento da massa muscular.

Os chamados esteroides anabolizantes são substâncias produzidas em laboratório e que substituem a função da testosterona. Foram desenvolvidos com finalidade médica visando à reposição de testosterona em quem não a produz em quantidades normais. Os anabolizantes só podem ser comprados com receita médica. Seu uso com propósitos estéticos ou por pessoas que desejam aumentar sua força, resistência e massa muscular é ilegal e está entre as drogas investigadas em exames *antidopings* em atletas. É muito importante salientar que o uso desse tipo de substância pode trazer efeitos colaterais, como o surgimento de acne, problemas no fígado, elevação da pressão arterial, elevação dos níveis de LDL e redução do HDL e, no caso das mulheres, também o crescimento de pelos na face e problemas no ciclo menstrual. Se utilizada em excesso, pode levar o indivíduo à morte.

7. Proteínas

As proteínas são formadas essencialmente por carbono (C), oxigênio (O), nitrogênio (N) e hidrogênio (H), mas podem apresentar enxofre (S). São macromoléculas formadas pela união de várias moléculas menores denominadas **aminoácidos**. Elas participam da composição de muitas estruturas do corpo dos seres vivos, tendo, principalmente, função estrutural, embora também possam ter função energética. Além disso, existem tipos de proteínas que desempenham muitas outras funções importantes para os seres vivos. São elas:

- as **enzimas**, substâncias que aumentam a velocidade das reações químicas;
- os **anticorpos**, substâncias fundamentais em certos mecanismos de defesa do corpo de seres vivos;
- alguns **hormônios**, como a insulina e o glucagon, sintetizados pelo pâncreas, que atuam no metabolismo de açúcares (a insulina reduz o nível de glicose no sangue, enquanto o glucagon aumenta).

Há também proteínas específicas com funções no nosso organismo. Alguns exemplos:

- a **albumina**, encontrada especialmente na clara de ovos, sendo importante no transporte e armazenamento de grande variedade de substâncias. Também está presente no plasma sanguíneo humano;
- o **fibrinogênio**, importante componente do plasma sanguíneo, participando dos processos de coagulação;
- a **queratina**, que participa da formação de estruturas como unhas, pelos, cornos e cascos de animais;
- a **caseína**, proteína encontrada no leite e que tem todos os aminoácidos essenciais para a espécie humana;
- o **colágeno**, encontrado na pele humana, conferindo-lhe resistência, e nas cartilagens. É a proteína mais abundante do corpo humano.

Vamos começar a estudar as proteínas a partir de suas unidades constituintes: os aminoácidos.

7.1. Aminoácidos

Os aminoácidos são também chamados mono-peptídeos.

Existem nos seres vivos vinte aminoácidos distintos, que podem participar da formação das proteínas:

Alanina	(Ala)	Isoleucina	(Ile)
Arginina	(Arg)	Leucina	(Leu)
Asparagina	(Asn)	Lisina	(Lys)
Aspartato	(Asp)	Metionina	(Met)
Cisteína	(Cys)	Prolina	(Pro)
Fenilalanina	(Phe)	Serina	(Ser)
Glicina	(Gly)	Tirosina	(Tyr)
Glutamato	(Glu)	Treonina	(Thr)
Glutamina	(Gln)	Triptofano	(Trp)
Histidina	(His)	Valina	(Val)

Em suas moléculas, todos eles apresentam um grupamento **amina** (NH_2) e um grupamento **carboxila** ou **ácido carboxílico** (COOH). Por essa razão, eles são denominados aminoácidos. Esses grupamentos estão ligados a um mesmo átomo de carbono, que, por sua vez, está ligado a um átomo de hidrogênio e a um radical que varia de aminoácido para aminoácido. Portanto, é em função desse radical que se diferenciam os tipos de aminoácido.

Veja, na **figura 8.18**, um esquema da fórmula estrutural geral dos aminoácidos.

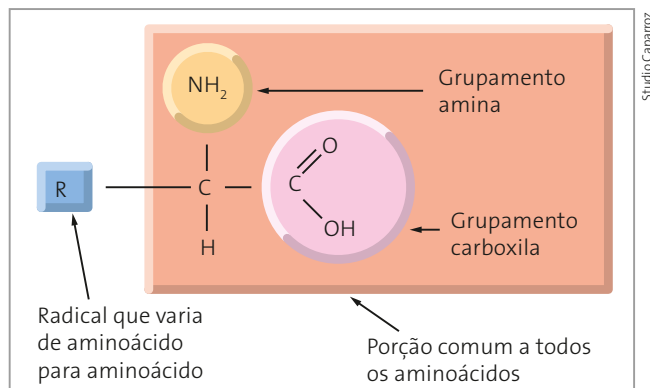


Figura 8.18. Fórmula estrutural geral das moléculas de aminoácidos.

Observe, agora, a estrutura dos aminoácidos glicina (Fig. 8.19) e metionina (Fig. 8.20). Note que a diferença entre eles está no radical.

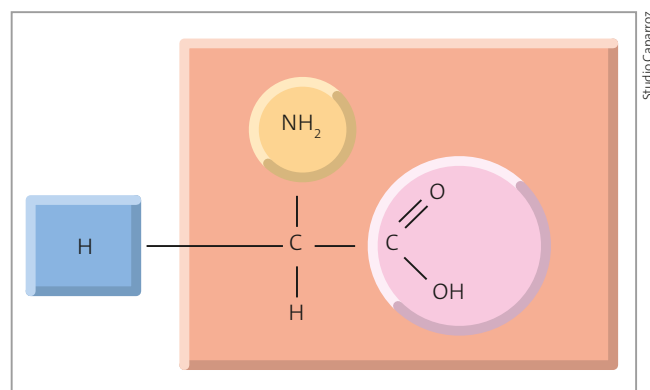


Figura 8.19. Fórmula estrutural da glicina: o radical é um átomo de hidrogênio (H).

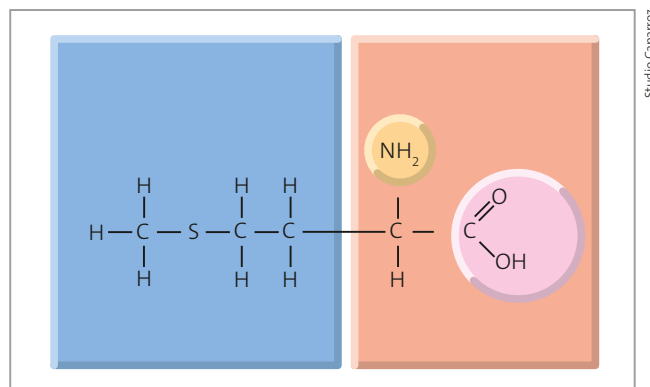


Figura 8.20. Fórmula estrutural da metionina: o radical apresenta cadeia carbônica linear, contendo enxofre (S).

As células vegetais produzem os vinte tipos de aminoácidos, mas as células animais não sintetizam todos eles. Em razão disso, os animais devem obter esses aminoácidos por meio da alimentação.

Os aminoácidos produzidos por um organismo são chamados **naturais**, enquanto os que necessitam ser ingeridos, por não serem sintetizados pelo organismo,

são chamados **essenciais**. Um aminoácido pode ser essencial para uma espécie e não ser para outra. No caso da espécie humana, os aminoácidos essenciais são fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptofano e valina. Além desses, a arginina e a histidina têm sido consideradas aminoácidos essenciais por alguns pesquisadores.

Um dos motivos da importância de uma alimentação variada está no fato de que poucos alimentos contêm todos os aminoácidos essenciais. O hábito comum no Brasil de comer arroz com feijão propicia a ingestão de todos os aminoácidos essenciais para o organismo humano.

7.2. Ligação peptídica

A ligação que une os aminoácidos é denominada ligação peptídica, caracterizada pela reação do grupo amina de um aminoácido com o grupo carboxila de outro, havendo liberação de uma molécula de água (síntese por desidratação). As ligações peptídicas podem ser quebradas por hidrólise e, nesse caso, os aminoácidos retornam à condição inicial.

Dois aminoácidos unidos por uma ligação peptídica formam uma molécula denominada **dipeptídeo** (Fig. 8.21).

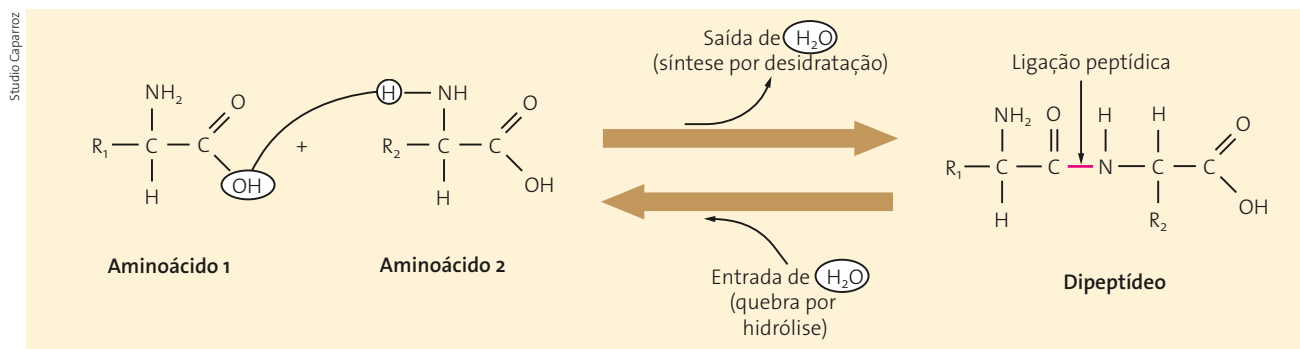


Figura 8.21. Esquema da síntese e da hidrólise de dipeptídeo.

Vários aminoácidos unidos por ligações peptídicas formam uma macromolécula denominada **polipeptídeo**. Uma molécula de proteína pode ser formada por apenas uma cadeia polipeptídica, como é o caso da albumina presente na clara do ovo. Outras moléculas de proteína podem ser formadas por mais de uma cadeia polipeptídica; é o caso da hemoglobina, composta de quatro cadeias polipeptídicas.

7.3. Estrutura da proteína

A estrutura primária da proteína corresponde à sequência linear de aminoácidos, que é determinada geneticamente.

A molécula de proteína, no entanto, não é um fio esticado. Ela apresenta dobramentos e enrolamentos determinados por atrações químicas entre os aminoácidos e pela intervenção de outras proteínas, denominadas **chaperonas**. Esses dobramentos conferem às proteínas formas tridimensionais, que correspondem às estruturas secundárias e terciárias. Quando duas ou mais cadeias se unem para formar uma proteína, temos a estrutura quaternária (Fig. 8.22).

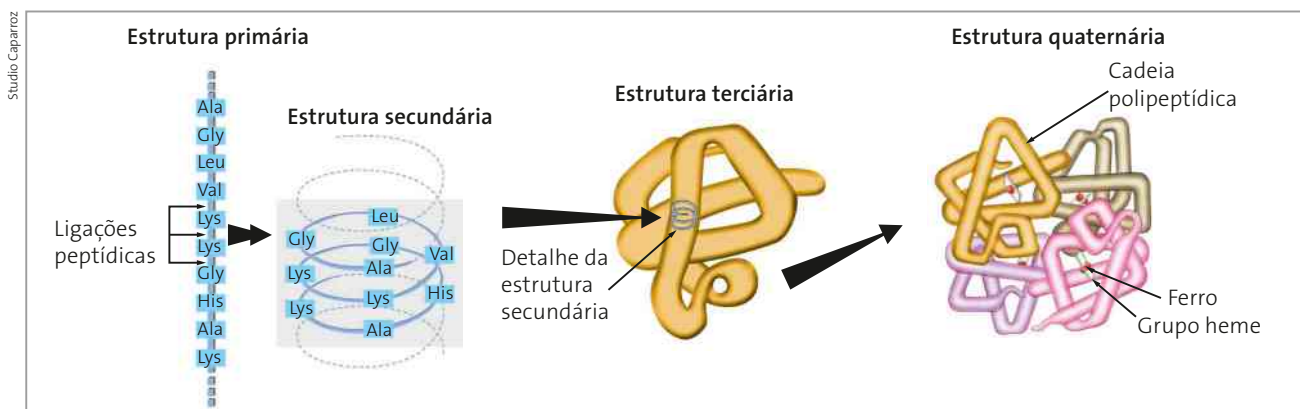


Figura 8.22. Esquema dos quatro níveis de complexidade estrutural das proteínas usando como exemplo a hemoglobina: estruturas primária, secundária, terciária e quaternária. Cada molécula de hemoglobina é formada por quatro cadeias polipeptídicas, cada uma associada a um grupo heme, que contém ferro. O oxigênio do sangue liga-se ao heme. Assim, cada molécula de hemoglobina é capaz de transportar, de uma só vez, quatro moléculas de oxigênio. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

As funções de cada proteína estão associadas, entre outros fatores, à sua estrutura primária, ou seja, à sequência dos aminoácidos na proteína. Alterações que possam ocorrer nessa sequência, em função de mutações do material genético (mutação gênica), podem provocar alterações na sequência dos aminoácidos, na forma da proteína e em sua função. Um exemplo bem conhecido é o da mutação gênica que leva à substituição de um aminoácido glutamato pela valina na molécula de hemoglobina (Fig. 8.23). As hemácias portadoras dessa hemoglobina alterada apresentam-se sob a forma de foice, e o indivíduo manifesta uma doença denominada **anemia falciforme** ou **siclemia**, que pode ser letal, pois essas hemácias, além de transportarem pouco oxigênio, são mais frágeis, podendo se romper com facilidade.

Compare a forma das duas hemácias na figura 8.24.

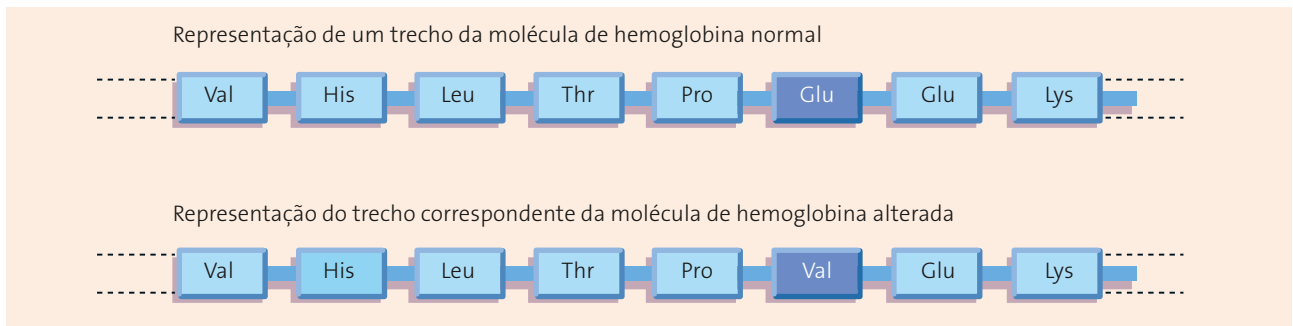


Figura 8.23. Representação de um trecho da sequência de aminoácidos da hemoglobina normal e da hemoglobina alterada.



Figura 8.24. Eletromicrografia de varredura de uma hemácia normal (à direita, com cerca de 7 µm de diâmetro) e outra, falciforme (à esquerda). Em 2001, onze estados brasileiros incluíram no diagnóstico neonatal um exame que detecta a anemia falciforme, a qual é hereditária. (Cores artificiais.)

Alterações na forma das proteínas podem ser causadas por outros fatores, como o aumento da temperatura. Nesses casos, falamos em **desnaturação** da proteína, que se torna inativa (Fig. 8.25). A desnaturação pode se reverter, desde que o meio retorne às condições ideais para a proteína. Em muitos casos, no entanto, é um processo irreversível. É o que acontece, por exemplo, com a albumina da clara do ovo: com o aquecimento, a albumina sofre desnaturação e a clara endurece; após o resfriamento, a clara não volta a se liquefazer.

As proteínas podem ser classificadas em simples ou conjugadas.

As simples são formadas apenas por aminoácidos, enquanto as conjugadas apresentam outros componentes, além dos aminoácidos, que são chamados **grupos prostéticos**. A hemoglobina é um exemplo de proteína conjugada: ela tem ferro em sua molécula.

As proteínas conjugadas podem ser classificadas em:

- cromoproteínas: o grupo prostético confere cor à proteína (ex.: hemoglobina);
- glicoproteínas: o grupo prostético é um glicídio (ex.: proteínas presentes na estrutura de membranas; muco);
- lipoproteínas: o grupo prostético é um lipídio (ex.: HDL, LDL);
- nucleoproteínas: o grupo prostético é um ácido nucleico (ex.: cromatina).

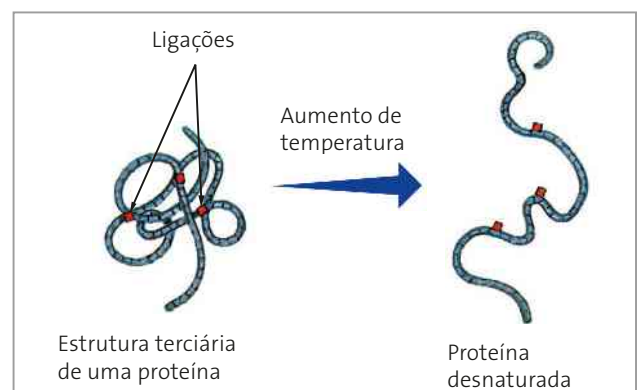


Figura 8.25. Esquema da desnaturação de uma proteína pelo aumento da temperatura. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

8. Enzimas

As reações químicas em sistemas biológicos são pouco espontâneas e tendem a ser muito lentas. Isso significa que, se deixarmos os reagentes de uma reação em contato, eles poderão não interagir ou, caso a interação ocorrer, a velocidade da reação poderá ser muito lenta.

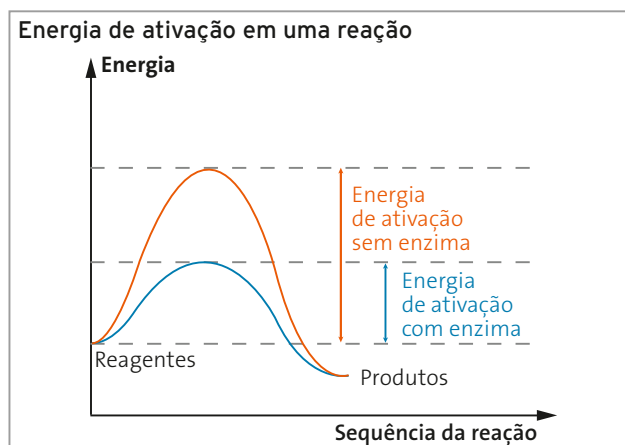
Uma das maneiras de fornecer aos reagentes a energia necessária para a reação é aumentar a temperatura: as moléculas movimentam-se mais rapidamente, aumentando a probabilidade de se chocarem com energia suficiente para provocar a reação química.

Nos organismos vivos, no entanto, é importante que as reações ocorram em velocidade adequada, mas sem aumento significativo da temperatura para que não ocorra a desnaturação de proteínas. Nos seres vivos, as enzimas aumentam a velocidade das reações sem elevar a temperatura. Isso porque elas diminuem a **energia de ativação** necessária para a ocorrência da reação. Por isso, elas são chamadas catalisadores biológicos.

Observe o gráfico da **figura 8.26** ao lado.

Existem vários tipos de enzima, e cada um deles ocorre em pequenas quantidades no organismo. Elas são mo-

léculas extremamente específicas, isto é, atuam somente sobre um determinado composto e participam sempre do mesmo tipo de reação. O composto sobre o qual a enzima age é genericamente denominado **substrato**. A grande especificidade enzima-substrato está relacionada à forma tridimensional de ambos. Eles se encaixam perfeitamente como chaves em fechaduras (**Fig. 8.27**).



Fonte: REECE, J. B. et al. *Campbell Biology*. 10. ed. Glenview: Pearson Education, Inc., 2014.

Figura 8.26. Representação em gráfico da energia de ativação de uma reação sem e com a participação de enzimas.

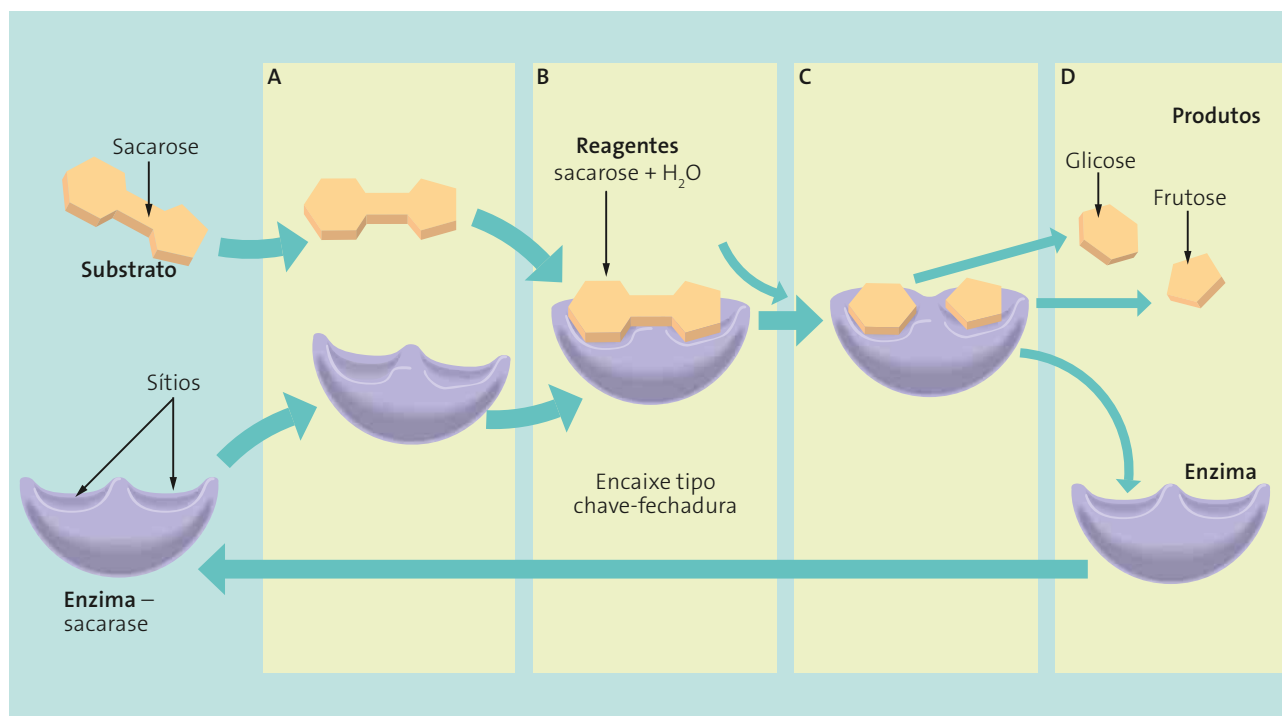


Figura 8.27. Representação artística da ação enzimática tomando como exemplo a enzima sacarase, que catalisa a quebra por hidrólise da molécula de sacarose em duas partes: a glicose e a frutose. (Cores fantasia.)

A – A sacarose (substrato) encaixa-se em sítios ativos na enzima.

B – Essa união induz ligeira mudança na forma da enzima, fazendo com que ela fique bem unida ao substrato.

C – Aminoácidos do sítio ativo catalisam a quebra por hidrólise da ligação entre a glicose e a frutose.

D – A enzima solta-se dos produtos e recupera a forma inicial, ficando pronta para reiniciar o ciclo.

Outra característica importante das enzimas é que, após ocorrer a reação, elas permanecem quimicamente intactas, podendo participar novamente do mesmo tipo de reação.

As enzimas geralmente recebem nomes relacionados com o substrato sobre o qual atuam mais o sufixo **-ase**. Por exemplo: lipases são enzimas que atuam sobre lipídios; proteases são enzimas que atuam sobre proteínas; amilases são enzimas que atuam sobre amido. Nem todas as enzimas, entretanto, seguem esse padrão de nomenclatura, como é o caso da ptialina, da pepsina e da tripsina, por exemplo.

8.1. Fatores que influenciam a atividade enzimática

A velocidade das reações químicas catalisadas por enzimas aumenta até certo ponto com a elevação da **temperatura**. A partir de certa temperatura ótima, cujo valor varia dependendo da enzima, ocorre desnaturação proteica, o que torna a enzima inativa. Há altera-

ção de sua forma, e com isso ela deixa de se acoplar ao substrato, não havendo mais a formação do complexo enzima-substrato. A velocidade da reação, então, diminui rapidamente (Fig. 8.28).

Outro fator que interfere na atividade enzimática é o **pH**, índice que nos informa se uma solução é ácida, básica ou neutra. Sua escala vai de 0 a 14, sendo que pH = 7 corresponde ao pH neutro. Valores abaixo de 7 indicam que a solução é ácida; valores acima de 7 indicam que é básica (ou alcalina). Cada enzima tem seu ótimo de atividade em um determinado pH (pH ótimo). Alterações no pH podem provocar desnaturação e inativação da enzima.

A **pepsina** é produzida no estômago e atua sobre proteínas, catalisando sua degradação em moléculas menores. O pH ótimo da pepsina está ao redor de 2,0. Ela atua, portanto, em meio ácido.

A **tripsina** é produzida no pâncreas e lançada no duodeno, onde catalisa a degradação de proteínas que não foram digeridas no estômago. O pH ótimo da tripsina está ao redor de 8,0, ou seja, ela atua em meio básico (Fig. 8.29).

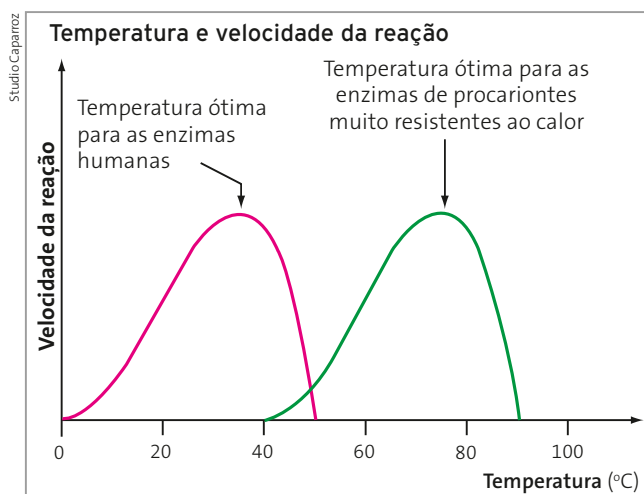


Figura 8.28. Gráfico da variação da velocidade de reação em relação à temperatura do meio. Estão indicadas por setas as temperaturas ótimas de duas classes de enzimas: humanas, em rosa, e um procarionte muito resistente ao calor, em verde.

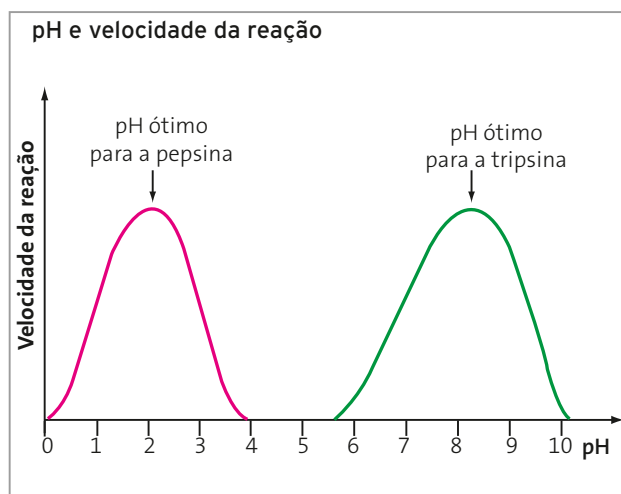


Figura 8.29. Gráfico da velocidade de reação em relação ao pH, mostrando o efeito do pH na velocidade de reações catalisadas por duas enzimas humanas: a pepsina, em rosa, e a tripsina, em verde.



Colocando em foco

NUTRIÇÃO PROTEICA E DESNUTRIÇÃO

Noções básicas sobre nutrição proteica e desnutrição nos ajudam a entender e a valorizar a importância de uma dieta balanceada, indispensável para nossa saúde.

A maior parte das proteínas ingeridas em uma dieta serve como fonte de aminoácidos para a síntese de outras proteínas em nosso corpo. Apenas uma pequena fração dos aminoácidos dessas proteínas pode ser usada na respiração celular como fonte de energia. Assim, precisamos ter uma dieta adequada de proteínas para que sejam fornecidos os aminoácidos, principalmente os essenciais, necessários à síntese das diversas proteínas de nosso corpo.

Os alimentos de natureza animal, como peixes, carnes, laticínios e ovos, são os que têm teor proteico mais alto. Além disso, as proteínas presentes nesses alimentos têm alto valor nutricional, pois possuem alta digestibilidade (ou seja, grande parte dos aminoácidos da proteína é efetivamente absorvida em nosso trato digestório após a digestão) e incluem aminoácidos essenciais.

Ainda que a digestibilidade de uma proteína seja alta, ela pode ter baixa qualidade nutricional por possuir poucos aminoácidos essenciais. É o caso da gelatina, que tem alta digestibilidade mas baixa qualidade, pois é deficiente em aminoácidos essenciais. Assim, as doses mínimas de proteínas recomendadas nas dietas devem estar relacionadas com o tipo de proteína ingerida. Essa dose mínima varia também em função de sexo, idade e massa corporal.

Os produtos de origem vegetal apresentam menor conteúdo proteico que os de origem animal e têm baixa digestibilidade e deficiências em aminoácidos essenciais. Em dietas vegetarianas deve-se ter especial atenção a esse fato.

Estudos recomendam a ingestão de doses mínimas diárias de 0,8 grama de proteína por quilograma de massa corpórea, considerando proteínas de alta qualidade, como as de origem animal, o que corresponde a 56 gramas por dia para um homem de 70 kg. A necessidade proteica de uma criança é muito maior, chegando a 2 gramas por quilograma de massa. Recomenda-se uma ingestão adicional de 20 a 30 gramas de proteínas na gravidez e durante a amamentação para suprir, respectivamente, as necessidades do feto e da formação do leite. Em países como o Brasil, em que 70% das proteínas ingeridas pela maior parte da população são de origem vegetal, esses valores devem ser corrigidos para 1,4 grama de proteína por quilograma de massa, o que corresponde a 100 gramas por dia para um homem adulto. Essas doses pressupõem a ingestão concomitante de quantidades adequadas de carboidratos e lipídios para evitar que a maior parte dos aminoácidos das proteínas seja utilizada para suprir as necessidades energéticas do corpo.

Desnutrição

A falta de uma alimentação adequada pode levar à desnutrição. Duas síndromes de desnutrição são muito frequentes:

- **Kwashiorkor** (significa **doença do desmame** em um dialeto da África Ocidental): ocorre principalmente em crianças que, após o desmame, passam a se alimentar basicamente de carboidratos, havendo severa deficiência de proteínas. Crianças afetadas apresentam retardo mental, apatia extrema, edema (inchaço) generalizado sob a pele e queda da resistência contra infecções.
- **Marasmo**: causado por deficiência proteica e calórica; a pessoa tem redução extrema da musculatura, além de ficar mais suscetível a contrair doenças.

Professor(a), desenvolva com os estudantes a sugestão de atividade extra “Ácidos nucleicos”, descrita nas Orientações didáticas.

9. Os ácidos nucleicos

Existem dois tipos de ácidos nucleicos: o ácido desoxirribonucleico (DNA) e o ácido ribonucleico (RNA).

O DNA é o principal constituinte dos cromossomos, onde estão localizados os genes. Podemos dizer que os genes contêm informações a respeito das características dos indivíduos.

O RNA participa principalmente do processo de síntese de proteínas.

Tanto o DNA como o RNA são formados por várias unidades que recebem o nome de **nucleotídeos**. Por isso, esses ácidos nucleicos são chamados polinucleotídeos (*poli* = muitos).

Cada nucleotídeo é formado pela combinação de três componentes:

- fosfato;
- açúcar, que no DNA é a **desoxirribose** e no RNA é a **ribose**;
- base nitrogenada.

As bases nitrogenadas podem ser:

- **púricas**: adenina e guanina;
- **pirimídicas**: timina, citosina e uracila.

A adenina, a guanina e a citosina são comuns às moléculas de DNA e de RNA. A base timina só ocorre no DNA, e a base uracila, só no RNA.

O quadro ao lado (Fig. 8.30) compara os componentes desses ácidos nucleicos.

Os nucleotídeos são reconhecidos pela base nitrogenada que faz parte da sua molécula.

A ligação entre os nucleotídeos de uma cadeia se faz sempre entre o açúcar de um nucleotídeo com o fosfato do seguinte (Fig. 8.31).

	DNA	RNA
Bases púricas	Adenina (A)	Adenina (A)
	Guanina (G)	Guanina (G)
Bases pirimídicas	Citosina (C)	Citosina (C)
	Timina (T)	Uracila (U)
Pentose	Desoxirribose	Ribose

Figura 8.30. Quadro comparativo dos componentes do DNA e do RNA.

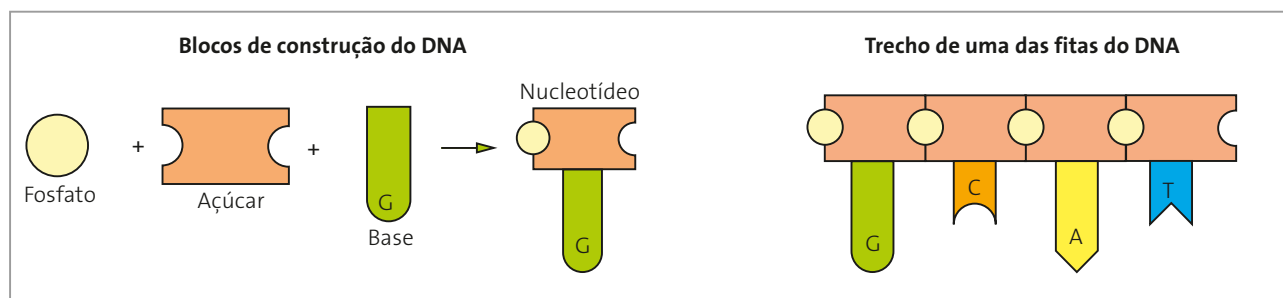


Figura 8.31. Esquema representando um nucleotídeo e seus constituintes e representação da “montagem” de uma fita de molécula de DNA. (Cores fantasia.)

A estrutura do DNA foi definida em 1953 por James Watson (1928-) e Francis Crick (1916-2004). Essa molécula tem o aspecto de uma dupla hélice (Fig. 8.32). Já a molécula de RNA apresenta-se como um filamento simples (Fig. 8.33), mas pode apresentar dobramentos em certos trechos.

Nos últimos anos, várias evidências têm sido acumuladas mostrando que muitas reações químicas ocorridas dentro das células são catalisadas por um ácido nucleico: o RNA.

Do mesmo modo que as proteínas que agem como enzimas, essas moléculas de RNA aceleram a velocidade de certas reações químicas, são altamente específicas quanto ao substrato e permanecem quimicamente intactas após a reação. Por serem moléculas especiais de RNA com propriedades enzimáticas, elas receberam o nome de **ribozimas**. A atuação dessas ribozimas está ligada a várias etapas da síntese de proteínas nas células.

Professor(a), veja, nas Orientações didáticas, proposta de atividade extra intitulada “Estrutura tridimensional da molécula de DNA” relacionada à montagem de um modelo da molécula de DNA. Esse seria o momento adequado para realizar a atividade.

Figura 8.32. Representação de um trecho da molécula de DNA – uma dupla hélice, como uma “escada em espiral”: a desoxirribose e o fosfato de cada nucleotídeo formam os “corrimãos” dessa escada; as bases nitrogenadas, unidas entre si por ligações de hidrogênio, formam os “degraus”. A base adenina (A) sempre se liga à timina (T), e a citosina (C), à guanina (G). Assim, a quantidade de A é igual à de T, e a de C é igual à de G. (Cores fantasia.)

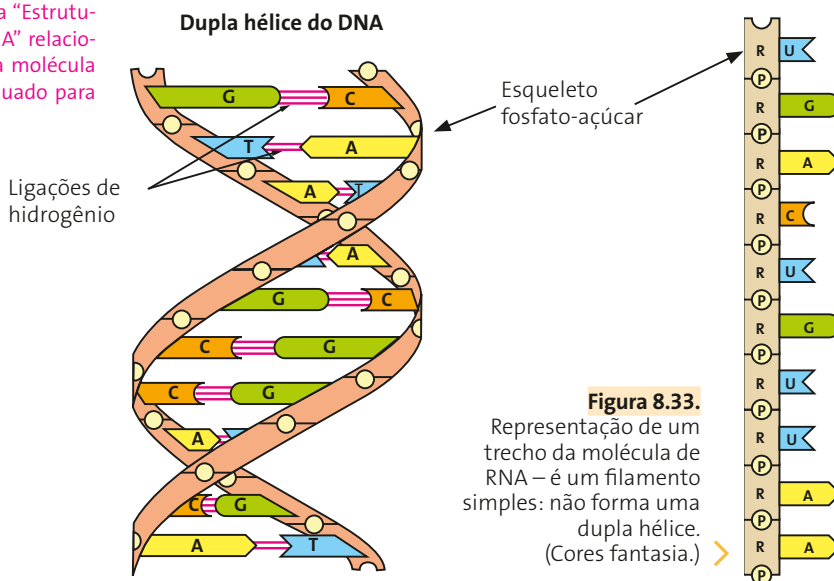


Figura 8.33. Representação de um trecho da molécula de RNA – é um filamento simples: não forma uma dupla hélice. (Cores fantasia.)



Contando calorias

As células do nosso corpo precisam de energia para viver e repor perdas.

Essa energia é fornecida pelos alimentos que ingerimos. No trato digestório, esses alimentos — carboidratos, proteínas, lipídios — são degradados em seus elementos constituintes, os quais são absorvidos. Passam então para o sangue e são distribuídos para as células do corpo.

A energia dos alimentos é geralmente medida em quilocalorias (kcal), embora as pessoas, por hábito, utilizem erroneamente como sinônimo o termo calorias (cal).

Para realizar suas atividades, cada pessoa necessita de um mínimo de energia, cujo valor varia de acordo com a idade, a estatura, a estrutura óssea e a atividade física, entre outros fatores. Em geral, um adulto que tenha uma atividade normal, sem exagero em atividade física, necessita em torno de 2000 kcal por dia.

Um grama de carboidrato fornece cerca de 4 kcal, enquanto um grama de lipídio fornece cerca de 9 kcal.

Para você ter uma ideia da quantidade de calorias de alguns alimentos e do que é necessário fazer para queimar todas as calorias contidas neles, analise o quadro ao lado.

Quando ingerimos alimentos acima das nossas necessidades diárias, o inevitável acontece: engordamos. O alimento ingerido em excesso é em grande parte transformado em gordura e depositado nas nossas células adiposas.

Assim, o segredo para manter a nossa massa em uma faixa desejável é comer somente o necessário para fornecer a energia de que o nosso corpo precisa para funcionar bem. Se comeremos mais, engordaremos. Se comeremos menos, nossos estoques de gordura vão diminuindo, pois a gordura que estava reservada vai sendo degradada, a fim de fornecer a energia necessária para o funcionamento do nosso organismo; nesse caso, emagreceremos.

Em dietas para emagrecimento, deve-se reduzir a ingestão de calorias de acordo com a orientação médica.

O índice de massa corpórea (IMC) é um dos critérios utilizados na determinação de parâme-

Alimentos	Atividades	Tempo
 Cheeseburger 470 kcal	Correr Andar de bicicleta Nadar Jogar tênis Andar	32 min 39 min 43 min 61 min 82 min
 Sorvete 255 kcal	Correr Andar de bicicleta Nadar Jogar tênis Andar	17 min 21 min 23 min 33 min 45 min
 Pizza 185 kcal	Correr Andar de bicicleta Nadar Jogar tênis Andar	12 min 15 min 17 min 24 min 32 min
 Maçã 70 kcal	Correr Andar de bicicleta Nadar Jogar tênis Andar	5 min 6 min 7 min 9 min 12 min

Fonte: *Compendium of physical activities: classification of energy costs of human physical activities*. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8292105>>. Acesso em: maio 2016.

⚡ O quadro mostra quanto tempo o organismo gasta aproximadamente para queimar as quilocalorias dos alimentos da coluna da esquerda em cada atividade.

tros de saúde. Para cada pessoa, esse índice é calculado dividindo-se sua massa em quilogramas (a massa é popularmente chamada de “peso”, conceito que, na Física, envolve a ação da gravidade) por sua altura (em metros) elevada ao quadrado.

Índice de massa corpórea

$$\text{IMC} = \frac{\text{massa}}{(\text{altura})^2}$$

Por exemplo, se uma pessoa tem 55 kg e mede 1,60 m, seu índice de massa corpórea é: 55 dividido por 2,56 (que corresponde a $1,60 \times 1,60$), o que dá um IMC de 21,48.

De acordo com dados da Academia Nacional de Saúde dos Estados Unidos da América, os valores de referência considerados dentro da normalidade para esses índices são os seguintes:

- faixa etária abaixo de 45 anos, IMC de 20 a 26;
- faixa etária de 45 a 54 anos, IMC de 22 a 27;
- faixa etária de 55 a 65 anos, IMC de 23 a 28;
- faixa etária acima de 65 anos, IMC de 24 a 29.

Manter um índice de massa corpórea adequada tem sido considerado importante para se ter boa saúde.

Além de nos preocuparmos com as calorias, devemos nos preocupar também em ter uma dieta balanceada, rica em vitaminas e sais minerais, e em ingerir água em quantidades suficientes.

Muitos são os alimentos *diet* e *light* disponíveis no mercado e que vêm sendo utilizados em dietas.

Os alimentos *diet* são voltados para uma população específica, por exemplo, os diabéticos. Nesse caso, os alimentos **não** apresentam açúcar em sua composição. Nos alimentos *diet*, o açúcar é substituído por um composto análogo, que pode ser qualquer adoçante artificial, como o aspartame.

Os adoçantes artificiais apresentam valor energético muito baixo e por isso são utilizados também por pessoas que fazem dietas para emagrecimento.

É importante lembrar que há recomendações de médicos e especialistas para que o uso de adoçantes seja controlado, independentemente do tipo; além disso, todas as dietas devem sempre seguir orientação médica, pois algumas pessoas não podem ingerir certos tipos de adoçante, como os que contêm **fenilalanina**, um aminoácido.

Essas pessoas apresentam uma doença genética chamada **fenilcetonúria**. Em função dessa doença, não podem ingerir fenilalanina, pois correm o risco de sofrer danos, principalmente cerebrais. O teste do pezinho, feito nas maternidades de todo o país assim que os bebês nascem, visa justamente diagnosticar precocemente pessoas com essa doença. Quando a fenilcetonúria é detectada, a família deve receber orientação alimentar adequada de modo que não haja danos maiores para a criança.

Os alimentos *light* caracterizam-se por conter poucas calorias. Por isso, compostos de elevado teor energético, como lipídios e carboidratos, estão presentes em baixa quantidade nesses alimentos. Adoçantes artificiais também podem ser usados nesse tipo de alimento em substituição ao açúcar.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Como atividade em grupo, façam uma pesquisa complementar ao que foi tratado aqui, procurando mais informações a respeito de alimentação saudável. Uma excelente maneira de se informar a respeito de uma alimentação saudável é o *Guia alimentar para a população brasileira*, publicado pelo Ministério da Saúde (disponível em: <http://dab.saude.gov.br/portaldab/biblioteca.php?conteudo=publicacoes/guia_alimentar 2014>; acesso em: mar. 2016). Se possível, procure também informações com médicos e nutricionistas a respeito desse tema.

Com os dados levantados, discutam com a ajuda do(a) professor(a) uma maneira de divulgá-los na escola. Pode ser por meio de cartazes, panfletos, ou publicando em um *blog* da turma. Exerça sua cidadania divulgando seus conhecimentos.

2. Faça com seu grupo de estudos uma pesquisa sobre dois graves distúrbios alimentares que podem levar à morte: anorexia e bulimia. Reflitam sobre os perigos do excesso de valorização de padrões de beleza impostos pela mídia. Apresentem, em dia marcado pelo(a) professor(a), a pesquisa de seu grupo e o resultado das reflexões mencionadas. Ouça os demais grupos e promovam uma discussão na sala de aula.



Retomando

Como você viu, os organismos são constituídos por classes de substâncias que desempenham papéis específicos, possibilitando o funcionamento dos processos vitais. Retome suas respostas às questões da seção **Pense nisso** e avalie se, depois de estudar sobre a química da vida, você permanece com as mesmas ideias. Quais são as funções no organismo características das classes de substâncias que você mencionou? Elas podem apresentar outras funções?



Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

Atividade 1 A água e suas trocas de calor com outros meios Habilidades do Enem: H14, H15, H18, H21, H25, H28.

Vamos novamente recorrer à interdisciplinaridade para entender processos biológicos. Abordaremos as propriedades físicas da água, especialmente a capacidade térmica.

Nós, seres humanos, mantemos a temperatura interna do nosso corpo constante (homeotérmicos), por volta de 36 °C, independentemente da variação da temperatura ambiente, graças a mecanismos internos de controle (endotérmicos). Quando nossa temperatura interna aumenta, são desencadeadas respostas como a dilatação dos vasos superficiais (que traz mais sangue para a superfície do corpo) e a liberação de suor (que promove resfriamento ao evaporar). O contrário ocorre quando nossa temperatura corporal tende a baixar.

Os jacarés, no entanto, não mantêm por si mesmos a temperatura interna do seu corpo constante, dependendo de fontes externas de calor ou de refúgios para sua regulação térmica (ectotérmicos).

Os jacarés usam uma combinação de mecanismos comportamentais para regular sua temperatura corpórea, sendo os movimentos entre a água e a terra os mais importantes. O ambiente aquático exerce um papel de destaque na termorregulação desses animais, pois minimiza flutuações que resultariam em temperaturas corpóreas extremas.

- Consulte o texto do capítulo e explique com suas palavras por que a liberação de suor na superfície do corpo é eficiente no resfriamento corporal. Considerando que o vento é um fator facilitador da evaporação, explique também por que, quando nos molhamos e nos expomos a ele, sentimos mais frio do que sem a exposição.
- A imersão na água minimiza variações de temperatura no corpo do jacaré. Esse fato pode ser associado a qual propriedade da água?

Atividade 2 Enzimas e suas funções metabólicas Habilidades do Enem: H14, H18, H24.

Aproximadamente 85% dos pacientes com fibrose cística apresentam alterações do pâncreas exócrino. A deficiência de enzimas pancreáticas leva a alterações na digestão e absorção de nutrientes e, consequentemente, baixo ganho de peso.

Fonte disponível em: <<http://www.abram.org.br/drupal/orientacaonutricional>>. Acesso em: mar. 2016.

O pâncreas é uma glândula mista, isto é, tem uma parte endócrina e outra exócrina. A porção endócrina produz os hormônios insulina e glucagon, que regulam a taxa de glicose no sangue. Já a porção exócrina sintetiza enzimas digestivas, que são lançadas no duodeno, porção inicial do intestino delgado.

- Com base no que você estudou neste capítulo, essas enzimas digestivas pertencem a qual grupo de substâncias orgânicas: carboidratos, lipídios ou proteínas?
- Explique a importância da função enzimática e estabeleça sua relação com o baixo ganho de peso decorrente da fibrose cística.

Atividade 3 Flutuação das aves aquáticas Habilidades do Enem: H17, H24, H28.

Na disciplina de Química estuda-se a interação de diferentes substâncias e a água. Quando têm afinidade por água, chamam-se hidrófilas; quando não têm, chamam-se hidrófobas.

Esses conceitos da Química são importantes para a explicação interdisciplinar do papel da glândula uropigiana na impermeabilização das penas de aves.

Em quase todas as aves, porém mais desenvolvida nas aquáticas (como patos e gansos), há uma glândula (chamada uropigiana) localizada próximo à cauda. As aves usam o bico para espalhar o óleo produzido pela glândula nas penas, criando uma camada que impermeabiliza o corpo. Mesmo quando o animal está na água, as penas continuam secas e brilhantes; sem essa secreção oleosa, as penas ficariam encharcadas de água e o animal flutuaria com dificuldade ou afundaria. Se uma pena com óleo for borrifada com água, formar-se-ão gotículas em sua superfície: a água não penetra na pena.

Sabendo disso, responda:

- Que característica das moléculas de água e de lipídios pode explicar o que está descrito no enunciado?
- Qual é a propriedade das moléculas de água associada à formação de gotas?

Neste capítulo, vimos que alguns animais conseguem pousar sobre a superfície da água devido à tensão superficial. O sabão ou detergente é um composto químico que consegue reduzir a tensão superficial, pois suas moléculas interagem com as moléculas de água, colocando-se entre elas. As moléculas de detergente também apresentam uma região que interage com lipídios – é por isso que é mais fácil limpar as mãos engorduradas usando água e sabão do que apenas água.

Materiais necessários: uma bacia limpa, água, alguns fios metálicos extraídos de um pedaço de palha de aço (de cozinha) e detergente líquido.

Procedimento: coloque água na bacia e espere até que a superfície esteja em repouso; com delicadeza, coloque os fios metálicos; na ponta de seu dedo, pingue uma gota do detergente líquido; com cuidado, coloque seu dedo com detergente em contato com a água, perto dos fios de metal.

- Observe o que acontece e explique os resultados.
- Considere um lago de águas limpas que passe a receber esgoto de uma indústria, rico em detergentes. Conhecendo as propriedades do detergente, faça uma previsão do que aconteceria às aves aquáticas que vivem no lago em que essas substâncias são lançadas na água. Se necessário, leia novamente o enunciado da atividade anterior.



Testes

REGISTRE
NO CADERNO

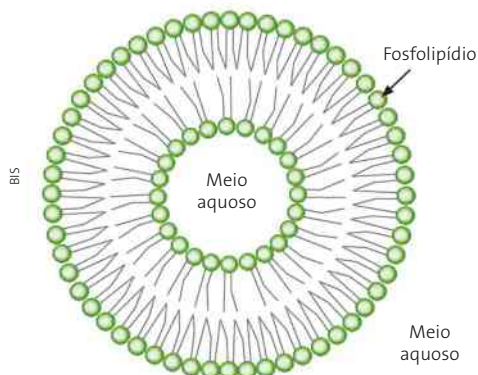


1. (Fuvest-SP) Os carboidratos, os lipídios e as proteínas constituem material estrutural e de reserva dos seres vivos. Qual desses componentes orgânicos é mais abundante no corpo de uma planta e de um animal?

- Proteínas em plantas e animais.
- Carboidratos em plantas e animais.
- Lipídios em plantas e animais.
- ☒ d) Carboidratos nas plantas e proteínas nos animais.
- Proteínas nas plantas e lipídios nos animais.

2. (Enem) Quando colocados em água, os fosfolipídios tendem a formar lipossomos, estruturas formadas por uma bicamada lipídica, conforme mostrado na figura. Quando rompida, essa estrutura tende a se reorganizar em um novo lipossomo.

Disponível em: <<http://course1.winona.edu>>.
Acesso em: 1ª mar. 2012 (adaptado).



Esse arranjo característico se deve ao fato de os fosfolipídios apresentarem uma natureza:

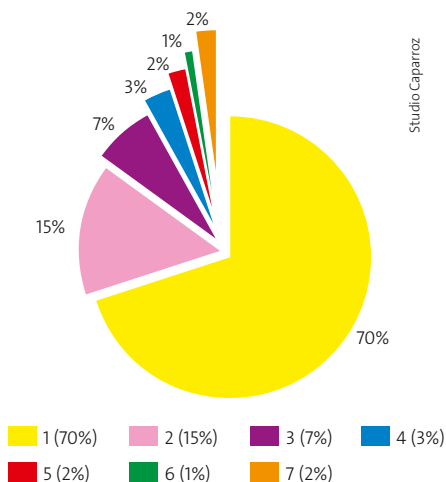
- polar, ou seja, serem inteiramente solúveis em água.
- apolar, ou seja, não serem solúveis em solução aquosa.
- anfotérica, ou seja, podem comportar-se como ácidos e bases.
- insaturada, ou seja, possuírem duplas ligações em sua estrutura.
- ☒ e) anfífilica, ou seja, possuírem uma parte hidrofílica e outra hidrofóbica.

3. (Enem) A obesidade, que nos países desenvolvidos já é tratada como epidemia, começa a preocupar especialistas no Brasil. Os últimos dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares, realizada entre 2002 e 2003 pelo IBGE, mostram que 40,6% da população brasileira está acima do peso, ou seja, 38,8 milhões de adultos. Desse total, 10,5 milhões são considerados obesos. Várias são as dietas e os remédios que prometem um emagrecimento rápido e sem riscos. Há alguns anos foi lançado no mercado brasileiro um remédio de ação diferente dos demais, pois inibe a ação das lipases, enzimas que aceleram a reação de quebra de gorduras. Sem serem quebradas elas não são absorvidas pelo intestino, e parte das gorduras ingeridas é eliminada com as fezes. Como os lipídios são altamente energéticos, a pessoa tende a emagrecer. No entanto, esse remédio apresenta algumas contraindicações, pois a gordura

não absorvida lubrifica o intestino, causando desagradáveis diarreias. Além do mais, podem ocorrer casos de baixa absorção de vitaminas lipossolúveis, como as A, D, E e K, pois:

- a) essas vitaminas, por serem mais energéticas que as demais, precisam de lipídios para sua absorção.
- b) a ausência dos lipídios torna a absorção dessas vitaminas desnecessária.
- c) essas vitaminas reagem com o remédio, transformando-se em outras vitaminas.
- d) as lipases também desdobram as vitaminas para que essas sejam absorvidas.
- ☒ e) essas vitaminas se dissolvem nos lipídios e só são absorvidas junto com eles.

4. (UFPE) Os seres vivos apresentam em sua composição química tanto substâncias orgânicas quanto inorgânicas. Tomando como referencial a distribuição ilustrada na figura a seguir, para a bactéria *Escherichia coli*, assinale a alternativa que inclui as frações representativas de água, proteínas e sais minerais, nesta ordem.



- a) 1, 2 e 3.
- b) 2, 3 e 6.
- ☒ c) 1, 2 e 6.
- d) 2, 3 e 1.
- e) 3, 2 e 4.

5. (Uece) As plantas são capazes de sintetizar todos os aminoácidos necessários a partir do nitrogênio inorgânico, mas os animais, não. Por conseguinte, os animais dependem totalmente das plantas, pois precisam complementar sua dieta com vegetais para ingerir os aminoácidos que não conseguem sintetizar. Sobre a importância do nitrogênio na composição dos seres vivos, pode-se afirmar corretamente que são essenciais na síntese de

- a) carboidratos como reserva energética.
- b) gorduras armazenadas nas células adiposas.
- ☒ c) ácidos nucleicos presentes no material genético.
- d) ácidos graxos constituintes da membrana plasmática.

6. (UFC-CE) As vitaminas foram descobertas há cerca de 100 anos e, a partir dos anos 80, invadiram as prateleiras das farmácias, na forma de suplementos vitamínicos, com dosagens acima das recomendadas pelas organizações de saúde, o que ainda hoje gera muita discussão sobre os benefícios ou malefícios que esse “banho” de vitaminas pode acarretar ao organismo. Contudo, é relevante saber a importância das mesmas para a saúde e de quais fontes alimentícias podemos obtê-las.

Considere o quadro a seguir.

Vitamina	Sintoma de carência no organismo	Fontes alimentares
A	1	Fígado, leite, cenoura
B ₁	2	Cereais integrais, carnes magras
C	3	Frutas cítricas
D	4	Peixe, leite, gema de ovo
K	5	Vegetais com folhas verdes, tomate

Assinale a alternativa que preenche corretamente o quadro anterior, substituindo, respectivamente, os números 1, 2, 3, 4 e 5 pelos sintomas causados devido à carência de cada vitamina no organismo.

- a) Cegueira noturna, hemorragias, escorbuto, raquitismo e disfunção do sistema nervoso.
- b) Escorbuto, cegueira noturna, raquitismo, disfunção do sistema nervoso e hemorragias.
- c) Cegueira noturna, raquitismo, hemorragias, escorbuto e disfunção do sistema nervoso.
- d) Disfunção do sistema nervoso, raquitismo, escorbuto, cegueira noturna e hemorragias.
- ☒ e) Cegueira noturna, disfunção do sistema nervoso, escorbuto, raquitismo e hemorragias.

Citologia e envoltórios celulares

ISM/Phototake/Glow Images



Figura 9.1. O conhecimento a respeito dos seres vivos não foi obtido de uma vez só. Ao longo de vários séculos, os avanços dos métodos de estudo e o desenvolvimento e o aprimoramento de equipamentos como os microscópios permitiram-nos ampliar nossos sentidos e observar imagens como essa: células do epitélio bucal humano, em lâmina preparada com corantes, para que certas estruturas possam ser visualizadas ao microscópio de luz. Técnicas como essas e muitas outras têm ajudado os cientistas a desvendar cada vez mais os detalhes da unidade da vida: a célula. Cada célula epitelial bucal mede cerca de 25 μm .



Pense nisso

- Partindo do que você já estudou e analisando essas células, descreva com suas palavras o que você reconhece em cada uma. O que pode ser a estrutura arredondada mais escura no centro de cada célula?
- Se estivéssemos analisando a célula de uma bactéria, que diferenças você esperaria encontrar em relação às células mostradas na imagem?
- Note, na imagem, que cada célula está bem individualizada. Você diria que as estruturas que delimitam as células devem permitir a passagem de todo e qualquer elemento do meio exterior para o interior das células?

1. Introdução

Ao estudarmos a origem e a evolução dos seres vivos, falamos em origem e evolução da célula. Afinal, com exceção dos vírus, os seres vivos são formados por células, e a compreensão de como eles surgiram e evoluíram passa pelo entendimento de como a célula surgiu e evoluiu.

O primeiro ser vivo que surgiu no planeta Terra era, muito provavelmente, uma célula. Vamos agora entrar no universo celular e procurar compreender a estrutura e o funcionamento das células, o que é fundamental para que possamos entender a intrincada rede de interações necessárias para a manutenção da vida.

A área da Biologia que estuda a célula é a **Citologia** (do grego: *cito* = célula; *logos* = estudo). Esse estudo só foi possível a partir do momento em que o ser humano começou a construir aparelhos com lentes que permitiam grande aumento da imagem. Esses aparelhos, chamados microscópios (do grego: *mikrós* = pequeno; *skopeo* = ver, enxergar), possibilitam o conhecimento e o estudo de estruturas invisíveis a olho nu.

Embora existam células visíveis a olho nu, como você pode ver na figura 9.2, a maioria delas é microscópica.



Paul Zahi/National Geographic/Getty Images

Figura 9.2. Fotografia de alga marinha unicelular, do gênero *Acetabularia*. Uma única célula forma o pedúnculo e o “chapéu”. Mede cerca de 4 cm de altura.

2. Um pouco de história

O físico inglês Robert Hooke (1635-1703) atuou em vários campos do conhecimento, tais como Física, Astronomia e Geometria. Ele era habilidoso na construção de instrumentos e tinha interesse por microscópios. Esses aparelhos foram inventados no século XVI, pelos holandeses fabricantes de óculos Zacharias Jansen (1580-1638) e seu pai Hans Jansen. Hooke construiu seus próprios microscópios, introduzindo novidades técnicas que permitiram formação de imagens de melhor qualidade. Ele construiu tanto microscópios com uma só lente de aumento, chamados microscópios simples, como também microscópios com duas lentes de aumento associadas e unidas por um tubo, chamados microscópios compostos: uma lente voltada para o objeto (lente objetiva) e outra para o olho do observador (lente ocular, Fig. 9.3).

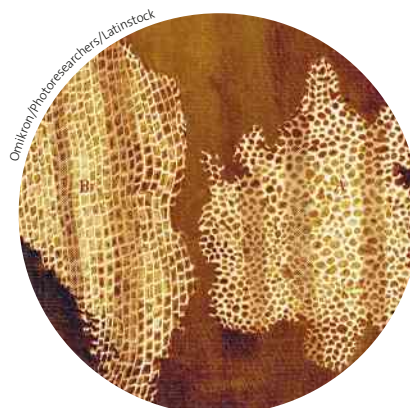
Esse microscópio de Hooke permitia a ampliação das imagens dos objetos em estudo em cerca de 40 vezes.

Na obra *Micrographia* (1665), Hooke publicou diversos desenhos representando suas observações ao microscópio. Vamos comentar apenas suas observações com os cortes de cortiça, que ele estava analisando com o objetivo de compreender suas propriedades físicas de leveza, fluidez e elasticidade. Ele descreveu que a estrutura da cortiça era reticulada com uma infinidade de diminutas câmaras preenchidas por ar e que essas câmaras eram pequenas caixas ou **células** distintas umas das outras (Fig. 9.4). A palavra célula vem do latim *cella*, que significa pequeno compartimento ou recinto, termo usado para designar os pequenos aposentos dos religiosos nos mosteiros e conventos.



Science Museum, London/Diomedea

Figura 9.3. Fotografia do microscópio de Robert Hooke. O aparelho foi feito à mão, com couro e aplicações em ouro.



Omikron/Photoresearch/Latinstock

Figura 9.4. Fotografia do desenho de Robert Hooke publicado em sua obra *Micrographia* (1665): estrutura em cavidades ou células vista em cortes finos de cortiça.

Apesar de ter usado a palavra “célula”, Hooke não estava se referindo à unidade básica, estrutural e fisiológica dos seres vivos, como nós entendemos a célula hoje. Hooke não cogitou que estava vendo as paredes das células vegetais. Esse entendimento só surgiu mais tarde.

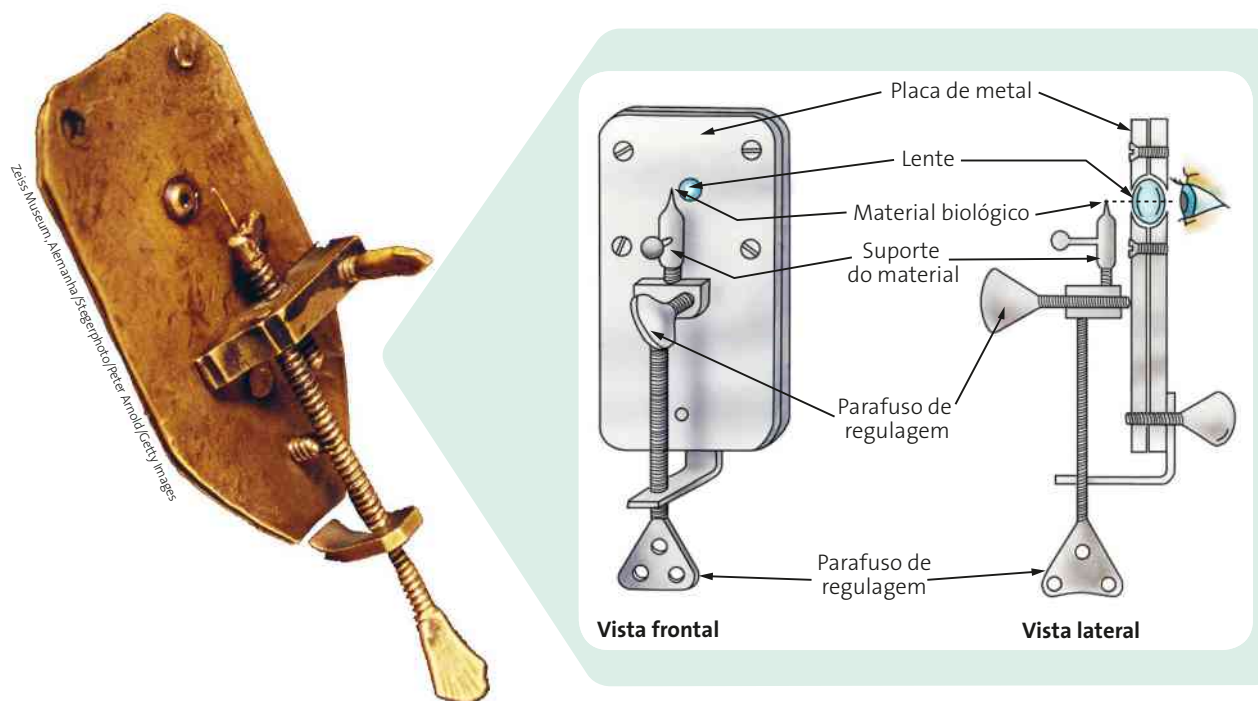
Por volta de 1668, o comerciante holandês Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) construiu vários microscópios e, ao se deparar com a obra *Micrographia*, de Hooke, se interessou em analisar diversos materiais com seus aparelhos. Ele construiu um microscópio simples, com cerca de 10 cm de comprimento, e que necessitava de muita luz para iluminar o objeto, mas que permitia aumento de cerca de 200 vezes (Fig. 9.5).

Além dessa sua grande capacidade de produzir boas lentes de aumento, Leeuwenhoek era cuidadoso e muito curioso, observando tudo o que pudesse ser colocado sob suas lentes. Como não sabia desenhar, contratou

um desenhista para ilustrar o que ele estava observando e passou a descrever em detalhes tudo o que via. Seu trabalho com os seres microscópicos foi muito importante para a época. A partir de 1673, Leeuwenhoek começou a enviar cartas com suas descobertas para a Royal Society of London, e em 1678, Hooke foi consultado para confirmar as informações desse comerciante desconhecido dos cientistas. Após a confirmação de Hooke, os trabalhos de Leeuwenhoek passaram a ser publicados na famosa revista científica *Philosophical Transactions of the Royal Society*.

Além de Leeuwenhoek, outros pesquisadores fizeram observações microscópicas, como Nehemiah Grew (1641-1712) e Marcello Malpighi (1628-1694), descrevendo “bolhas”, “poros”, “células”, “bexigas” em diversos tecidos vegetais.

O estudo do mundo microscópico avançou muito, e no século XIX consolidou-se a área da Citologia.



▲ **Figura 9.5.** Fotografia e esquema do microscópio simples, com uma só lente de aumento, usado por Leeuwenhoek. Este microscópio tinha cerca de 10 cm de comprimento.

Professor(a), se considerar adequado, seria interessante fazer um projeto integrado com a disciplina de Física com o objetivo de abordar os temas luz e lentes e explicar o funcionamento dos microscópios de luz, considerando os aspectos da física. Essas atividades podem evidenciar como os campos de conhecimento e os avanços tecnológicos em cada um deles colaboram entre si; nesse caso, o avanço dos estudos com lentes possibilitando a observação de estruturas microscópicas.

3. Atuais microscópios de luz

Os atuais microscópios de luz permitem aumentos de até cerca de 2 000 vezes. Mesmo com esses aumentos, entretanto, não é possível observar todos os detalhes da estrutura celular. Na figura 9.6 é mostrado, à esquerda, um microscópio estereoscópico (vulgarmente conhecido por lupa). É empregado para observar estruturas e organismos maiores do que os normalmente observados em microscópios como o da figura 9.6, à direita, e permite também a observação de objetos opacos.

O microscópio biológico (Fig. 9.6, à direita) permite aumentos maiores do que os microscópios estereoscópicos, mas os objetos a serem analisados devem ser translúcidos, isto é, devem permitir a passagem de luz.

O aumento da imagem que vemos ao microscópio composto é dado pela multiplicação do aumento da ocular pelo aumento da objetiva. Por exemplo, um microscópio composto com ocular 10 vezes e objetiva 40 vezes possibilita ampliação de 400 vezes.

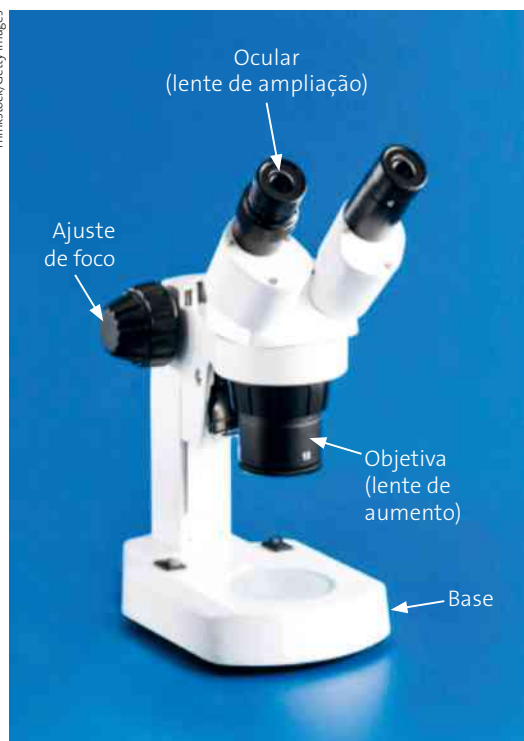


Figura 9.6. À esquerda, fotografia de microscópio estereoscópico. À direita, fotografia de microscópio biológico.

4. Células observadas ao microscópio de luz

As primeiras análises de células ao microscópio de luz (ML) permitiram concluir que elas são formadas por uma massa de natureza viscosa, gelatinosa, que recebeu o nome de **citoplasma** (do grego: *krítos* = célula; *plásma* = fluido).

Imersa no citoplasma, observa-se uma estrutura de forma variável, mas geralmente arredondada ou ovalada, que recebeu o nome de **núcleo**.

Observando que o citoplasma não se mistura com o meio, a não ser que a célula seja rompida, os cientistas concluíram que ele é delimitado por uma membrana, não visível ao microscópio de luz, que foi denominada **membrana plasmática**.

Ao microscópio de luz também é possível observar outros componentes imersos no citoplasma, como os cloroplastos das células das plantas.



Colocando em foco

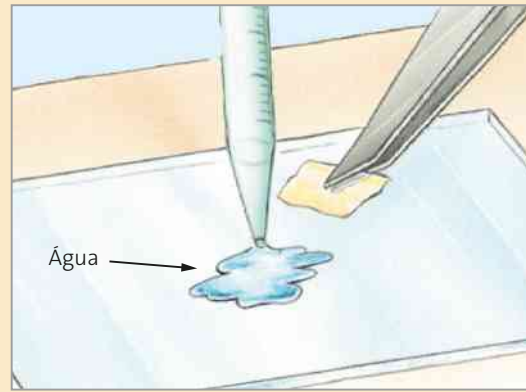
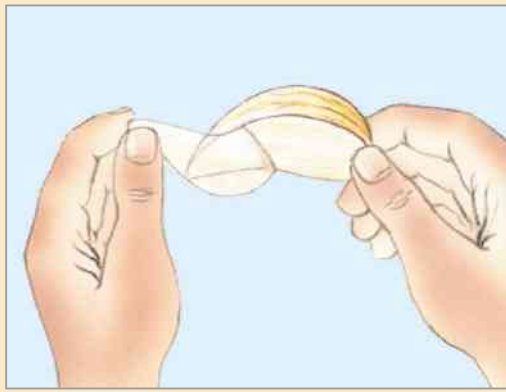
PREPARAÇÃO DE CÉLULAS PARA OBSERVAÇÃO AO MICROSCÓPIO DE LUZ

A observação de células ao microscópio de luz pode ser feita com preparações simples, como as descritas adiante, usando como exemplo tecidos de plantas.

Para a montagem da preparação são necessários os seguintes materiais: lâminas e lamínulas para microscopia, que são placas de vidro muito finas e delicadas; pinça; papel absorvente; conta-gotas; e o material biológico que se deseja observar.

Além desses materiais, podem-se usar alguns corantes específicos, com o objetivo de tornar as estruturas celulares mais evidentes. Como exemplo desses corantes, há o azul de metileno, que evidencia bem o núcleo das células, e o vermelho neutro, que evidencia bem o vacúolo central, típico das células vegetais.

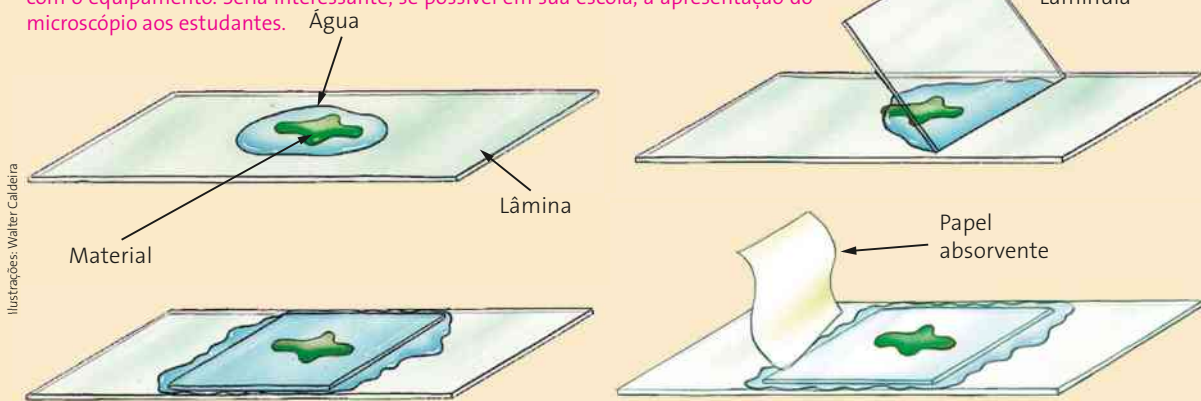
Um bom material para observar ao microscópio é a epiderme da cebola. Para isso, retira-se a casca da cebola e separa-se uma de suas camadas suculentas. Cada camada corresponde a uma folha modificada com função de reserva de nutrientes. Cada folha é delimitada por uma película fina, a epiderme da cebola, tecido de revestimento formado por uma só camada de células. Retira-se um pedaço dessa película com o auxílio de uma pinça. Esse pedaço pode ser, então, colocado sobre a lâmina juntamente com uma gota de água (para isso, usa-se o conta-gotas) (Fig. 9.7).



Ilustrações: Walter Caldera

^ **Figura 9.7.** Esquema da preparação de lâmina para a observação, ao microscópio de luz, de células da epiderme da cebola. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

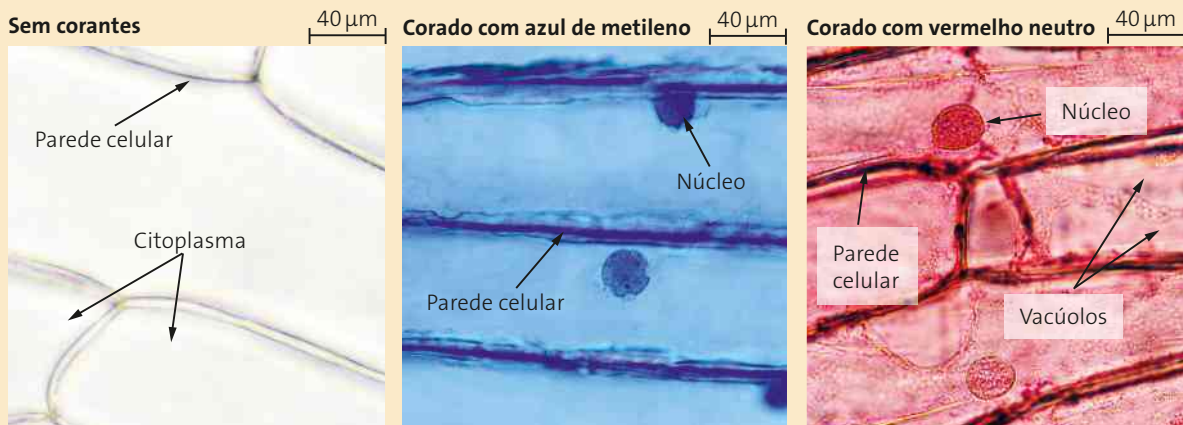
Para proteger o material a ser observado das delicadas lentes objetivas do microscópio, cobre-se o material com uma lamínula: primeiro, encosta-se a lamínula inclinada de modo que sua borda toque na borda da gota de água. Depois, deixa-se a lamínula cair lentamente sobre o material. Isso evita a formação de bolhas que dificultam a observação. Caso haja excesso de água, pode ser removida com papel absorvente (Fig. 9.8). **Professor(a), veja nas Orientações didáticas explicação detalhada de como se deve usar um microscópio e os cuidados que se deve ter com o equipamento. Seria interessante, se possível em sua escola, a apresentação do microscópio aos estudantes.**



Ilustrações: Walter Caldera

^ **Figura 9.8.** Esquema do procedimento de preparação de um material entre lâmina e lamínula para ser analisado ao microscópio de luz. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

O material assim preparado é levado para observação ao microscópio de luz. Outras preparações semelhantes a essa podem ser feitas usando corantes. Veja fotografias que mostram como essas preparações ficam ao microscópio com aumento de $400\times$ (Fig. 9.9).



Fotografias: Jorge Alves Audino

^ **Figura 9.9.** Fotomicrografias de epiderme de cebola observadas ao microscópio óptico.

Outro material interessante para observar ao microscópio é a folha da planta aquática elódea. As folhas da elódea são bem finas e delicadas e apresentam cloroplastos bastante evidentes. Para fazer essa observação, retira-se uma folha da planta, colocando-a sobre a lâmina com uma gota de água. Em seguida, cobre-se a preparação com laminula do mesmo modo como explicado anteriormente. O que se observa ao microscópio com ampliação de $400\times$ pode ser visto na **figura 9.10**.

Preparações de células para observação ao microscópio de luz podem ser feitas como descrito, usando células vivas de plantas e corantes chamados vitais, que não matam as células, mas em certos casos há necessidade de fixar as células e usar corantes que não são vitais. Nesses casos, as células não são observadas vivas. O estudo de células animais é feito, em geral, dessa outra maneira, caso mostrado na fotomicrografia a seguir (**Fig. 9.11**). Importante lembrar, no entanto, que é proibida a manipulação de células humanas nas escolas. Elas só podem ser manipuladas em laboratórios especializados. O que se pode fazer nas escolas é analisar materiais já preparados por profissionais habilitados.

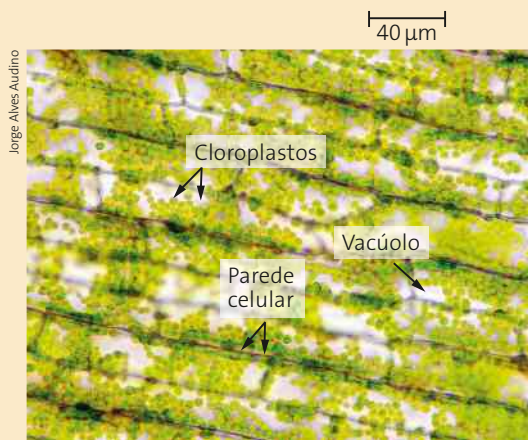


Figura 9.10. Fotomicrografia de células da folha da elódea observadas ao microscópio óptico.

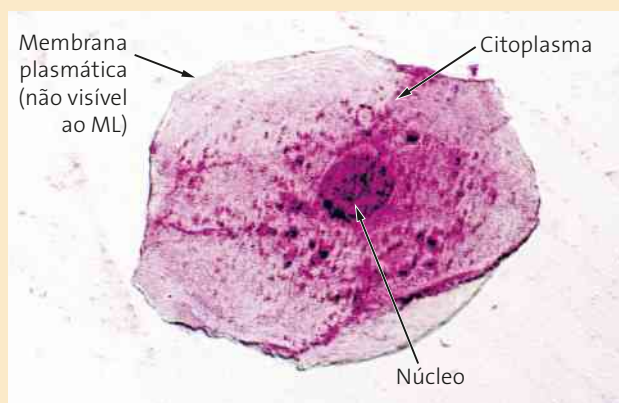


Figura 9.11. Fotomicrografia de célula do epitélio bucal humano fixada e corada. Mede cerca de $25\ \mu\text{m}$ de diâmetro.

Professor(a), aqui, novamente, pode-se evidenciar a interação da Biologia com a Física, no sentido de se fazer uma explicação sobre os microscópios eletrônicos. Os conhecimentos de física foram fundamentais para o desenvolvimento dessa tecnologia.

5. Microscópios eletrônicos

O estudo detalhado das estruturas celulares veio com o advento dos microscópios eletrônicos (ME), que permitem observar as células com aumentos muito maiores. Isso é possível porque os microscópios eletrônicos utilizam feixes de elétrons para analisar o objeto a ser estudado, em substituição aos feixes de luz.

Os microscópios eletrônicos podem ser **de transmissão** ou **de varredura**. Os de transmissão são empregados para analisar estruturas cortadas em fatias muito finas. Já os de varredura (**Fig. 9.12**) são empregados para analisar a superfície do corpo dos seres vivos, das células e até mesmo das moléculas.

O material a ser analisado ao ME deve ser devidamente fixado e corado com sais de metais pesados que propiciam contrastes nas estruturas das células, tornando-as menos permeáveis aos feixes de elétrons. As estruturas mais coradas são vistas em preto ou cinza-escuro e as menos coradas, em tons de cinza-claro.

A imagem é vista em uma tela e pode ser impressa como fotografia. Como são sempre em preto e branco, essas fotografias podem ser posteriormente colo-

rizadas artificialmente, buscando-se evidenciar ainda mais as estruturas celulares.

As fotografias obtidas com o uso dos diferentes tipos de microscópios são chamadas **micrografias**. Quando tiradas pelo microscópio de luz, fala-se em micrografia de luz ou fotomicrografia. Quando tiradas pelo microscópio eletrônico, fala-se em micrografia eletrônica ou eletromicrografia.



Figura 9.12. Pesquisadoras analisando imagens obtidas com o microscópio eletrônico, que pode ser visto em primeiro plano. As imagens são projetadas numa tela.

Observe a seguir micrografias de células obtidas por microscópio de luz (Fig. 9.13), microscópio eletrônico de transmissão (Fig. 9.14) e microscópio eletrônico de varredura (Fig. 9.15).

A maior parte das informações que vamos discutir nesta unidade, bem como os esquemas e modelos de células e de suas estruturas, é fruto de estudos ao microscópio eletrônico.

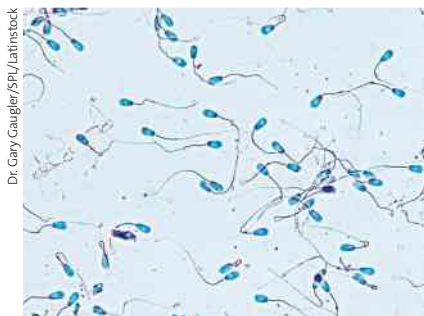


Figura 9.13. Fotomicrografia corada de espermatozoides. Cada espermatozoide mede cerca de 65 μm de comprimento.



Figura 9.14. Eletromicrografia de transmissão de um espermatozoide em corte ultrafino (cores artificiais).

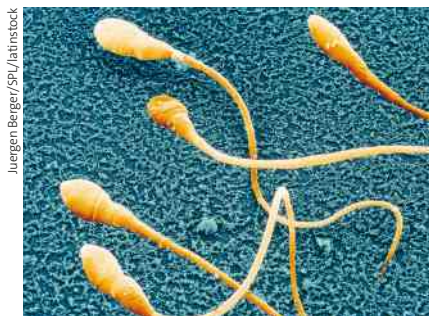


Figura 9.15. Eletromicrografia de varredura de espermatozoides (cores artificiais).

6. Poder de aumento e de resolução

É importante salientar a diferença entre poder de aumento e poder de resolução. Se uma fotografia for ampliada e analisada a olho nu, a imagem terá aumentado, mas os pontos da imagem separados por menos de 0,1 mm continuarão aparecendo como um ponto só, borrado. Isso significa que ampliamos a imagem, mas não melhoramos sua definição. A imagem ficou ampliada, mas borrada (Fig. 9.16).

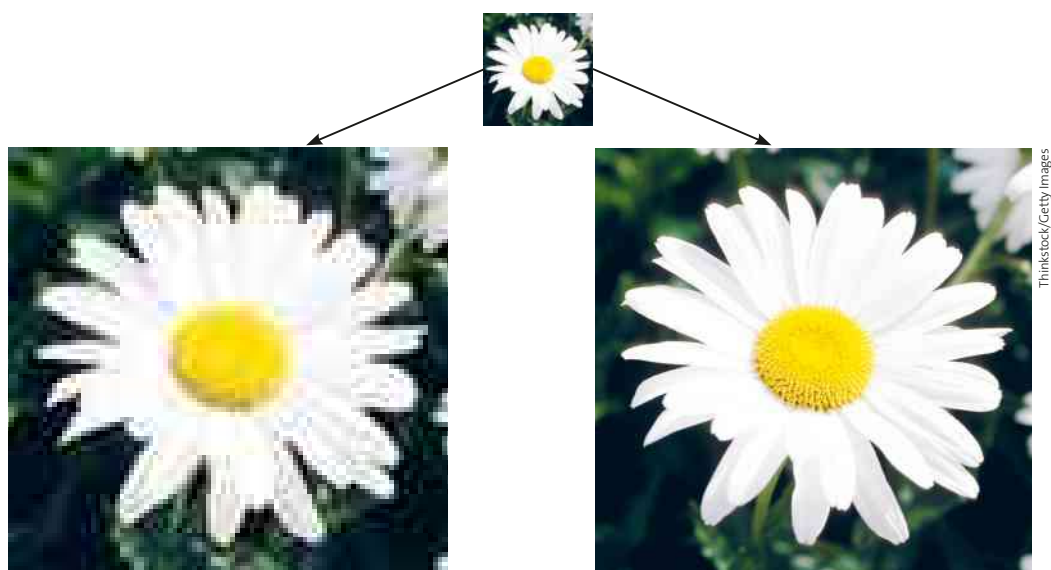
Esse fato ocorre porque nosso olho tem o limite de resolução da ordem de 0,1 mm. Isso significa que, se olharmos dois pontos de uma imagem que estejam separados um do outro por uma distância menor que 0,1 mm, eles aparecerão como um ponto único. Para

distinguir estruturas que se apresentam separadas umas das outras por menos de 0,1 mm, há necessidade de instrumentos que tenham maior poder de aumento e também de resolução.

Assim, além de produzir imagens ampliadas, os microscópios precisam ter boa resolução.

O limite de resolução dos microscópios de luz é de cerca de 0,0002 mm. Não é possível construir microscópios de luz com desempenho melhor do que esse, pois o fator limitante é o comprimento de onda da luz.

Com o advento do microscópio eletrônico, o poder de resolução foi aumentado para cerca de 100 mil vezes em relação ao olho humano.



Ampliação de 4 vezes sem aumento da resolução.

Ampliação de 4 vezes com aumento da resolução.

Figura 9.16. Fotografia de margarida e, abaixo, reproduções da mesma imagem demonstrando o efeito do aumento e do poder de resolução.

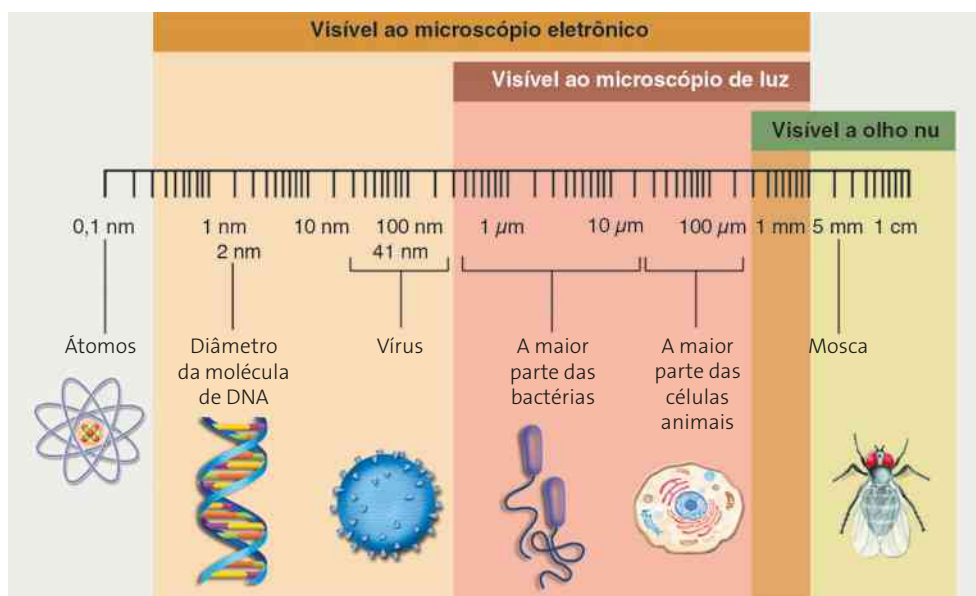
7. Medidas usadas no estudo das células

Como a maioria das células é pequena, as estruturas que elas contêm são menores ainda. Para medi-las foram estabelecidas unidades de medida apropriadas.

De acordo com o **Sistema Internacional de Unidades (SI)**, o metro é a unidade básica de comprimento e, em função dele, derivamos as demais unidades de comprimento. As principais subdivisões do metro empregadas em Citologia são:

- milímetro (mm) = metro dividido por mil = 0,001 m;
- micrometro (μm) = metro dividido por milhão = 0,000001 m;
- nanometro (nm) = metro dividido por bilhão = 0,000000001 m.

Veja na **figura 9.17** quais são os limites de resolução do olho humano, dos microscópios de luz e dos eletrônicos.



Conceitograf

Professor(a), antes de os estudantes começarem o estudo deste item (Medidas usadas no estudo das células), trabalhe com eles a sugestão de atividade extra “Unidades de medida”, descrita nas Orientações didáticas.

< **Figura 9.17.** Esquema mostrando os limites de resolução do olho humano, do microscópio de luz e do microscópio eletrônico, assim como as dimensões de alguns organismos e estruturas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

8. A teoria celular

Após os trabalhos de Hooke, outros cientistas se interessaram pelo estudo microscópico dos seres vivos, desenvolvendo, assim, a Citologia.

No final da década de 1830, dois pesquisadores alemães, Matthias Schleiden e Theodor Schwann, formularam a **teoria celular**, segundo a qual todos os seres vivos são formados por células. As células são, portanto,

as unidades morfológicas e funcionais dos seres vivos. Schleiden concentrou suas observações nas plantas, e Schwann, nos animais.

Os vírus são considerados por muitos pesquisadores as únicas exceções a essa teoria, pois não são formados por células, porém dependem delas para sua reprodução.

9. Os envoltórios celulares

As células encontram-se individualizadas, separadas do meio pelos envoltórios. Estes devem ter características que, enquanto separam o interior da célula do meio externo, também propiciam trocas de substâncias com o meio. Sem trocar substâncias com o meio, a célula não pode se manter viva, pois precisa receber nutrientes e oxigênio e eliminar resíduos de seu metabolismo.

Vamos ver, então, quais são esses envoltórios.

9.1. Membrana plasmática

O envoltório celular presente em todas as células é a membrana plasmática. Essa membrana é lipoproteica, constituída principalmente de fosfolipídios e proteínas.

O modelo de estrutura da membrana plasmática aceito atualmente foi proposto em 1972 pelos cientistas S. J. Singer e G. Nicolson e denomina-se **modelo do mosaico fluido** (Fig. 9.18).

Segundo esse modelo, existem duas camadas de fosfolípidios que formam um revestimento fluido, delimitando a célula, e imersos nessa camada há moléculas de proteínas. A membrana plasmática apresenta **permeabilidade seletiva**: ela é permeável, mas não a tudo, ocorrendo seleção do que pode ou não passar.

Os tipos de proteína das membranas celulares variam de célula para célula e determinam as funções específicas das membranas.

São vários os tipos de proteínas integrantes de membranas ou apenas associadas a elas, funcionando de maneiras diversas, com maior ou menor especificidade.

Além das proteínas responsáveis pelo controle da passagem de certas substâncias através da membra-

na, chamadas transportadoras, há aquelas que fixam outras moléculas à membrana, as que atuam como enzimas, catalisando reações específicas, e outras ainda que respondem pela percepção de estímulos do ambiente, passando a informação para o interior da célula. As proteínas de membrana podem variar não só de um tipo de célula para outro, mas também de uma parte para outra da mesma célula.

Não cabe aqui tratar de toda a variedade proteica das membranas. Vamos nos restringir ao estudo de dois tipos de proteínas transportadoras: as de canal (porinas) e as carreadoras. As moléculas dessas proteínas atravessam toda a bicamada fosfolipídica da membrana e respondem por grande parte das trocas controladas de substâncias entre o citoplasma e o meio externo.

Mais adiante, ao tratarmos dos mecanismos de passagem de partículas através da membrana plasmática, voltaremos a mencionar essas proteínas.

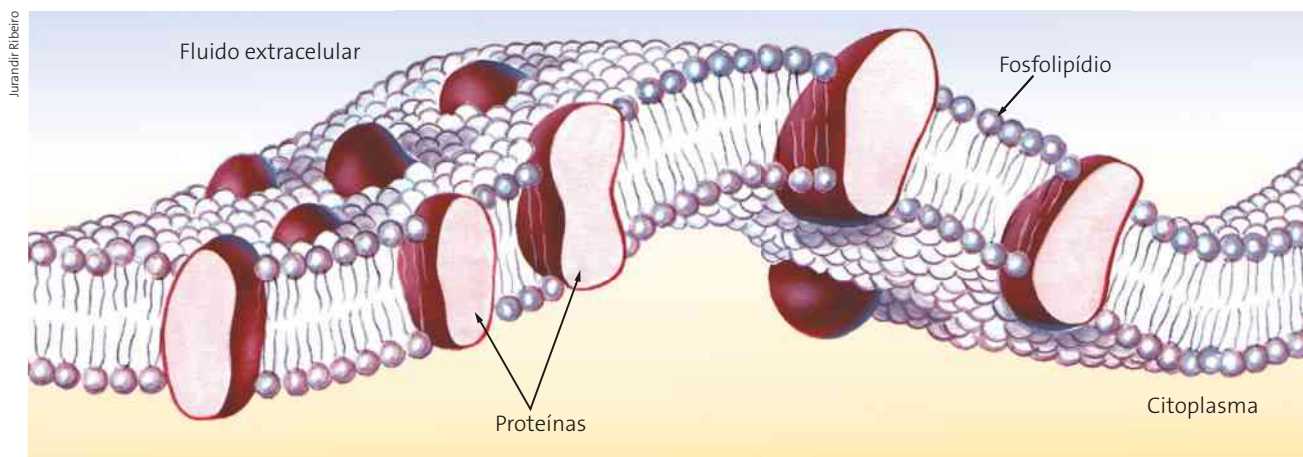


Figura 9.18. Modelo do mosaico fluido da estrutura da membrana plasmática representada em corte. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.) Professor(a), antes de iniciar o estudo sobre os envoltórios celulares, sugerimos que você trabalhe a sugestão de atividade “Envoltórios celulares e transporte através da membrana plasmática”, descrita nas Orientações didáticas.



Colocando em foco

MEMBRANAS E BOLHAS DE SABÃO

A natureza lipoproteica da membrana plasmática lhe confere uma série de propriedades físico-químicas importantes para a manutenção das reações químicas que ocorrem dentro das células e que são fundamentais para a vida. Antes de apresentarmos o funcionamento dessa membrana, vamos procurar entender uma de suas características: a fluidez. Para tanto, a bolha de sabão será usada como um modelo simplificado.

Uma característica interessante da molécula de sabão é que ela se assemelha à molécula de fosfolípidio no que se refere à estrutura: ela também apresenta uma cabeça hidrofílica e uma cauda hidrofóbica (Fig. 9.19).

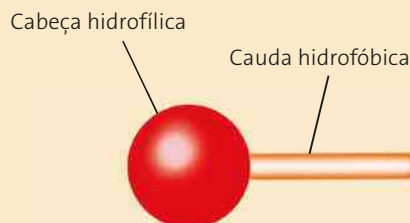
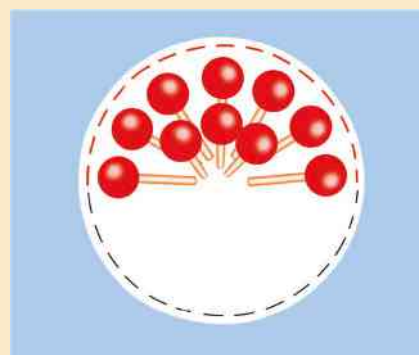


Figura 9.19. Representação esquemática da molécula de sabão, evidenciando a cabeça hidrofílica e a cauda hidrofóbica, que é única, diferentemente dos fosfolípidios, que têm cauda dupla. (Elementos representados fora de escala; cores fantasia.)

Quando em água, as moléculas de sabão formam aglomerados esféricos chamados **micelas**, pois todas as extremidades hidrofílicas ficam em contato com a água e as hidrofóbicas ficam voltadas para dentro (Fig 9.20).

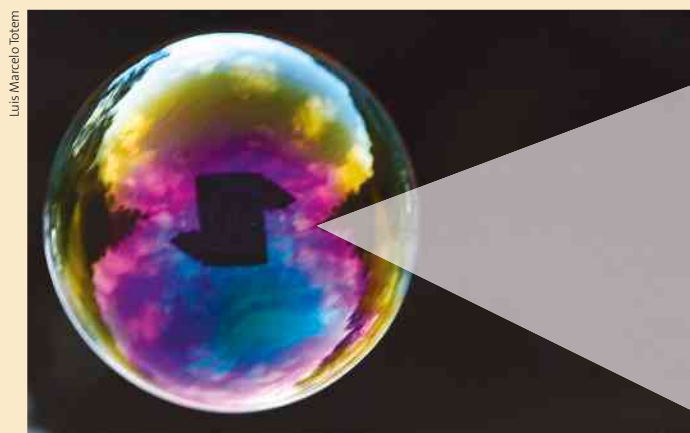
Caso existam gotículas de gordura na água, as moléculas de sabão as envolvem de modo que fiquem com as caudas hidrofóbicas em contato com a gordura e as cabeças hidrofílicas voltadas para a água. Graças a essa propriedade, o sabão é empregado para se lavar roupas ou objetos engordurados, pois ele facilita a eliminação da gordura.

Vamos pensar agora no que acontece em uma bolha de sabão. Cada bolha está envolta por ar e também contém ar em seu interior. Como as moléculas presentes no ar são principalmente hidrofóbicas, as moléculas de sabão arranjam-se de modo a formar uma membrana com duas camadas, assim como acontece com as membranas celulares. A diferença é que, no caso da membrana da bolha, em cada uma das duas camadas, as caudas hidrofóbicas das moléculas de sabão ficam voltadas para o ar. Entre uma camada e outra, há uma delicada película de água, para onde as cabeças hidrofílicas se voltam (Fig. 9.21).

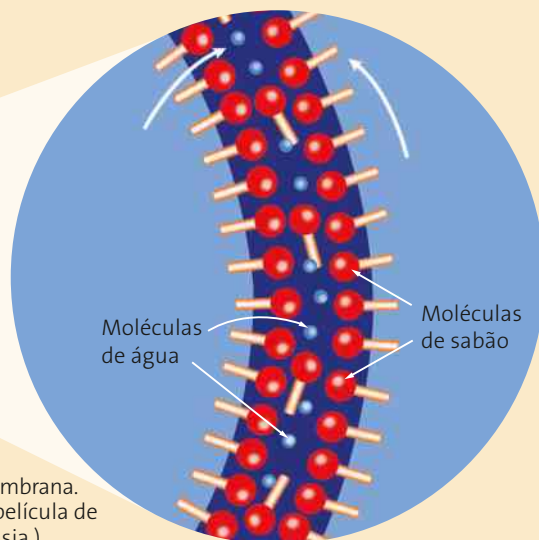


Walter Caldeira

Figura 9.20. Esquema de uma micela. (Elementos representados fora de escala; cores fantasia.)



Luis Marcelo Totem



Walter Caldeira

Figura 9.21. Fotografia de uma bolha de sabão e esquema de sua membrana. Note que, entre as duas camadas de moléculas de sabão, há uma película de água. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Uma vez formada a bolha, a tendência é a perda da água por evaporação. Como a água está protegida entre duas camadas que apresentam superfícies hidrofóbicas, a evaporação é mais lenta, mas acaba ocorrendo e a bolha se rompe.

A natureza fluida da membrana da bolha é evidenciada pelos fluxos coloridos e iridescentes.

Quando falamos que a membrana plasmática é fluida, estamos nos referindo a processo semelhante. A fluidez da membrana celular resulta do fato de as moléculas de fosfolípídeo se deslocarem com mais facilidade lateralmente do que transversalmente (Fig. 9.22).



Walter Caldeira

Figura 9.22. Deslocamento transversal (A) e deslocamento lateral (B) de moléculas de fosfolípídeos nas camadas da membrana plasmática. A movimentação transversal ocorre de forma mais lenta do que a lateral. (Cores fantasia.)

9.2. Envoltórios externos à membrana plasmática

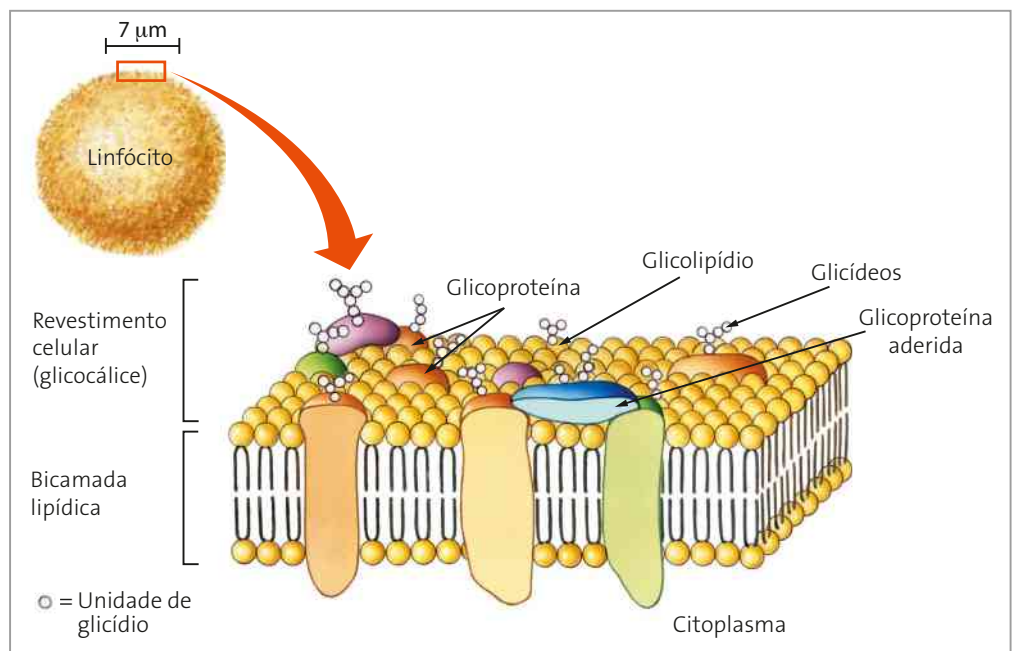
A membrana plasmática é fluida e delgada e, como tal, trata-se de uma estrutura delicada. Ao longo da evolução dos seres vivos, surgiram modificações na superfície das células que trouxeram como vantagem maior resistência da membrana sem interferir na sua permeabilidade. Esses envoltórios são, em geral, resistentes e permeáveis. Por serem vantajosas, essas modificações foram mantidas por seleção natural e persistiram ao longo do tempo. Assim, estão presentes nas células de muitos organismos que vivem hoje em nosso planeta.

Esses envoltórios são:

- glicocálice (ou glicocálix), presente nas células animais e de muitos protistas;
- parede celular, presente na maioria dos procariontes, em alguns protistas, nos fungos e nas plantas.

Glicocálice

O glicocálice (do grego: *glykys* = doce; do latim: *calyx* = envoltório) é formado por uma camada frouxa de glicídios, associados aos lipídios e às proteínas da membrana (Fig. 9.23).



< **Figura 9.23.** Esquema simplificado, feito com base em microscopia eletrônica, de um setor da membrana plasmática de um linfócito, uma célula animal, mostrando o glicocálice. (Cores fantasia.)

Além de proporcionar resistência à membrana plasmática, o glicocálice tem outras funções:

- constitui uma barreira contra agentes físicos e químicos do meio externo;
- confere às células a capacidade de se reconhecerem, uma vez que células diferentes têm glicocálice formado por glicídios diferentes e células iguais têm glicocálice formado por glicídios iguais;
- forma uma malha que retém nutrientes e enzimas ao redor das células, de modo que mantenha nessa região um meio externo adequado.

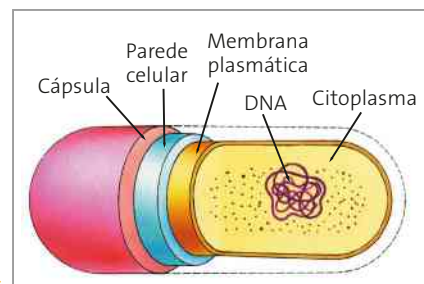
Parede celular

A parede celular é uma estrutura mais rígida que o glicocálice. Assim, as células que apresentam parede celular têm menor possibilidade de modificar sua forma. Dentro de certos limites é uma estrutura permeável, não exercendo controle sobre as substâncias que penetram na célula ou que dela saem.

Nas bactérias e nas cianobactérias, a parede celular é formada basicamente por uma substância típica desses procariontes: o peptidoglicano, molécula grande constituída por moléculas menores de açúcares associadas a aminoácidos.

Em algumas bactérias existe, além da parede celular, outro envoltório externo: a cápsula. Essas bactérias são chamadas capsuladas (Fig. 9.24). A espessura e a composição química dessas cápsulas variam de espécie para espécie.

Figura 9.24. Esquema de bactéria, com parte da célula removida. Mede cerca de 2 µm de comprimento. (Cores fantasia.) >



Nas plantas, a parede celular é formada principalmente por celulose e, por isso, é também conhecida como parede celulósica.

Em uma célula vegetal jovem, a parede celular é muito fina e chama-se parede celular primária. Todo o espaço delimitado por essa parede primária denomina-se lúmen celular e é ocupado pelo protoplasma, a parte viva da célula, que compreende a membrana plasmática, o citoplasma e o núcleo.

Na célula adulta, a parede celular pode apresentar espessamentos, devido a novos depósitos de materiais, e recebe o nome de parede celular secundária. Como essa parede é formada pela deposição de material por dentro, o lúmen celular fica reduzido. A união entre as células vegetais é feita pela lamela média, composta de pectato de cálcio e magnésio.

É característica das células vegetais a presença de pontos de contato entre células vizinhas, onde não há deposição de celulose, e por onde o citoplasma de uma célula continua no da outra. Através dessas pontes citoplasmáticas, denominadas plasmodesmos, há intercâmbio de material entre as células (Fig. 9.25).

Entre os seres unicelulares eucariontes, muitos apresentam parede celular cuja composição química varia nos diferentes grupos. Em geral, a parede celular pode ser basicamente de sílica ou de celulose.

Os fungos apresentam parede celular constituída basicamente por quitina.

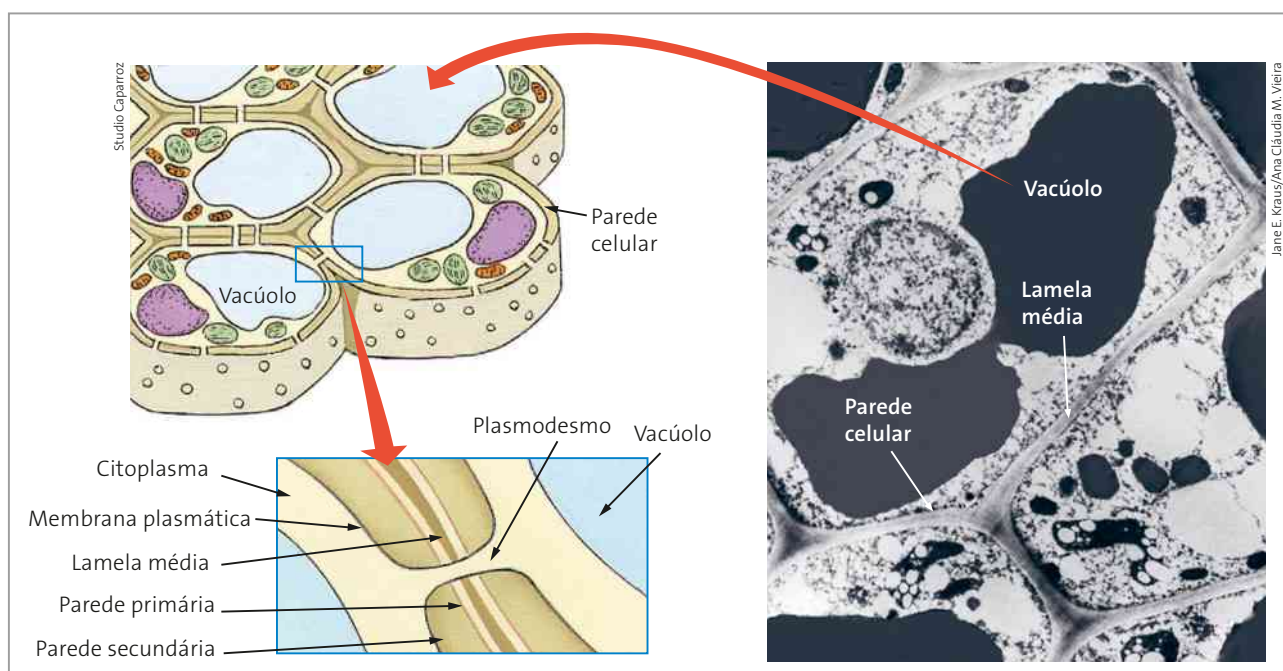


Figura 9.25. À direita, eletromicrografia de transmissão de células vegetais, evidenciando parede celular e lamela média (setas). Cada célula mede cerca de 75 μm de comprimento. Na ilustração em corte, à esquerda, esquema de células vegetais. No detalhe, um plasmodesmo. (Cores fantasia.)

10. Processos de troca entre a célula e o meio externo

Os processos de troca entre a célula e o meio externo podem ser agrupados em três categorias:

- **processos passivos** – ocorrem através da membrana plasmática, sem gasto de energia, tendendo a igualar a concentração da célula com a do meio externo (a favor do gradiente de concentração) (Fig. 9.26);
- **processos ativos** – ocorrem através da membrana plasmática, com gasto de energia, mantendo alguma diferença de concentração entre a célula e o meio externo (contra o gradiente de concentração) (Fig. 9.26);
- **processos mediados por vesículas** – ocorrem quando vesículas são utilizadas para a entrada de partículas ou microrganismos na célula ou para a eliminação de substâncias da célula. O processo de entrada chama-se **endocitose** e o de saída, **exocitose**.

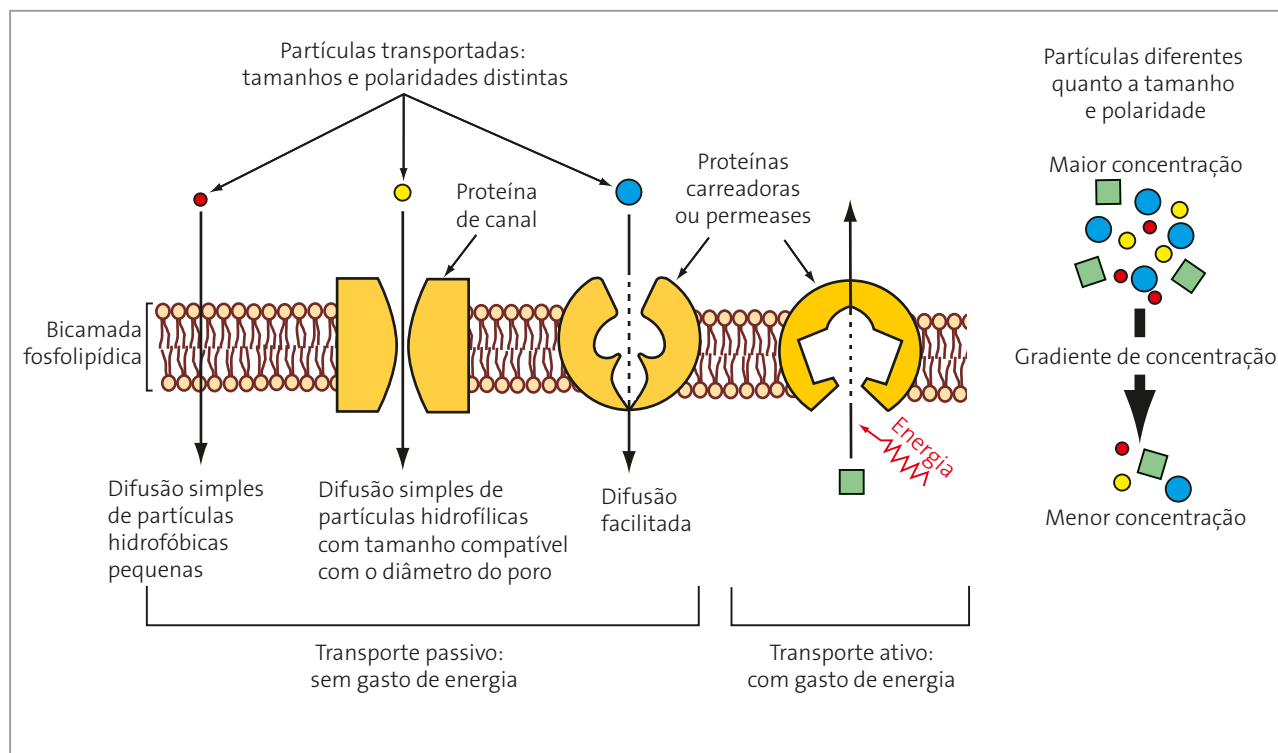


Figura 9.26. Esquema resumindo os principais mecanismos de passagem de partículas do soluto (moléculas ou íons) através da membrana plasmática: difusão simples, difusão facilitada e transporte ativo. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Para entender os processos passivos e ativos, precisamos ter algum conhecimento sobre concentração de soluções. Vamos falar brevemente sobre isso, tema que também é discutido na disciplina de Química com mais detalhes.

10.1. Concentração de uma solução

Moléculas dissolvidas em qualquer líquido formam uma **solução**. As moléculas dissolvidas recebem o nome de **soluto** (por exemplo: açúcares, íons, aminoácidos) e o líquido recebe o nome de **solvente** (por exemplo: água). Esses conceitos são os mesmos usados em Química.

A quantidade de soluto dissolvida em uma determinada quantidade de solvente nos dá um valor que chamamos concentração da solução. A concentração de uma solução é tanto maior quanto mais soluto estiver dissolvido em uma mesma quantidade de solvente.

Observe a figura 9.27. Nesse exemplo, a quantidade de açúcar (soluto) dissolvida em 1 litro de água (solvente) é menor no frasco **A**. Assim, a concentração da solução **A** é menor que a concentração da solução **B**.

Quando duas soluções têm a mesma concentração, elas são chamadas **isotônicas** ou isosmóticas (*iso* = igual). Quando a concentração é diferente, a mais concentrada é chamada **hipertônica** ou hiperosmótica

(*hiper* = muito) e a menos concentrada é chamada **hipotônica** ou hiposmótica (*hipo* = pouco).

Como se pode notar, só é possível dizer que uma solução é hipo, hiper ou isotônica em relação à outra solução.

Comparando, novamente, as duas soluções da figura a seguir, a solução **A** é hipotônica em relação à **B**, pois sua concentração é menor que a da solução **B**.

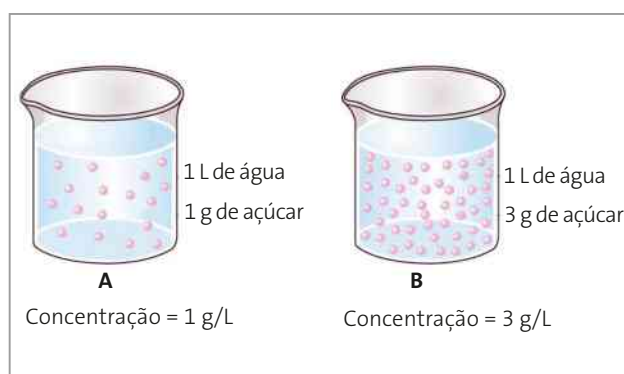


Figura 9.27. Esquema de duas soluções de água e açúcar (●), com concentrações diferentes. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia. Moléculas não são visíveis dessa maneira.)

10.2. Difusão

A difusão corresponde ao movimento de partículas (moléculas ou íons) de onde elas estão mais concentradas para onde estão menos concentradas, tendendo a homogeneizar sua distribuição. Veja a seguir o que acontece quando se coloca gotas de corante em um frasco com água (Fig. 9.28), sem que o líquido seja agitado: depois de certo tempo, o corante se distribui na água (Fig. 9.29) por difusão.

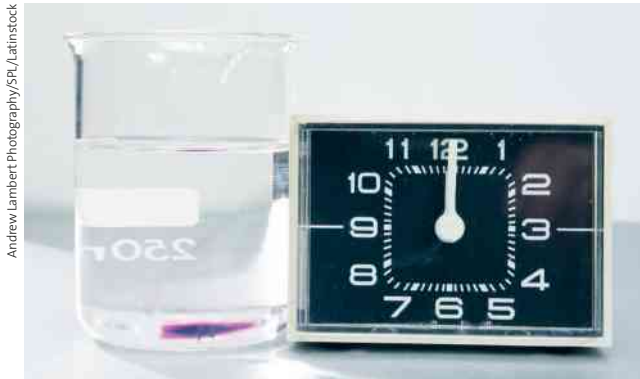


Figura 9.28. Início da experimentação: corante colocado no fundo de um recipiente com água. Montagem deixada em repouso, sem agitação.



Figura 9.29. Duas horas depois: o corante encontra-se disperso por todo o volume de água.

Através da membrana plasmática há difusão de pequenas moléculas, como as de oxigênio e as de gás carbônico, como exemplificado na figura 9.30.

A difusão pode ocorrer também através de canais proteicos (porinas), no caso de partículas hidrofílicas, que não possuem afinidade com a bicamada de fosfolípidios. O tamanho das partículas que podem passar por esses canais vai depender do diâmetro desses poros. A partir de certo tamanho das partículas, a difusão vai ficando cada vez mais lenta, até que os poros proteicos tornam-se inviáveis para passagem. Nesses casos, e até certo limite, uma alternativa é a participação de proteínas carreadoras facilitadoras, em um outro tipo de processo passivo: a difusão facilitada.

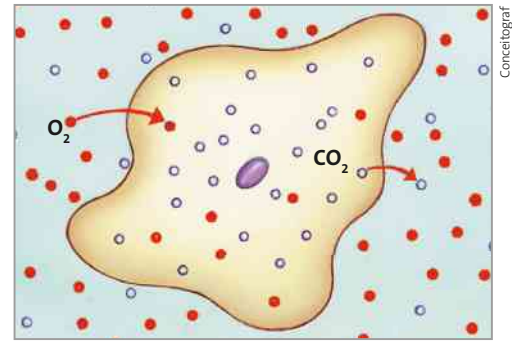


Figura 9.30. Esquema do processo de difusão de O_2 e CO_2 na célula. À medida que a célula realiza a respiração, vai consumindo o oxigênio que está dentro dela e produzindo o gás carbônico. Com isso, dentro da célula a concentração de oxigênio diminui e a de gás carbônico aumenta, o que estabelece uma diferença de concentração desses gases em relação ao meio externo. Fora da célula, o teor de oxigênio é maior, e esse gás entra na célula por difusão. Dentro da célula, o teor de gás carbônico fica maior, e esse gás sai da célula por difusão. (Moléculas não são visíveis dessa maneira. Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

10.3. Osmose

Osmose é um caso especial de difusão no qual as moléculas de água passam através de membranas semipermeáveis. Também, nesse caso, as concentrações em ambos os lados da membrana tendem ao equilíbrio. O solvente (água) difunde-se de modo a diluir o lado mais concentrado. Por isso, na osmose, a água difunde-se em maior quantidade da solução hipotônica para a hipertônica.

A bicamada lipídica é pouco permeável à água, que atravessa lentamente essa membrana. A passagem da água através da membrana plasmática é mais rápida do que o esperado porque ela não ocorre apenas pela bicamada fosfolipídica. Hoje se sabe que as células possuem proteínas especiais, chamadas aquaporinas, que formam verdadeiros canais de passagem para moléculas de água (Fig. 9.31). A descoberta das aquaporinas valeu o Prêmio Nobel de Química de 2003 a dois médicos estadunidenses, Peter Agre e Roderick Mackinnon.

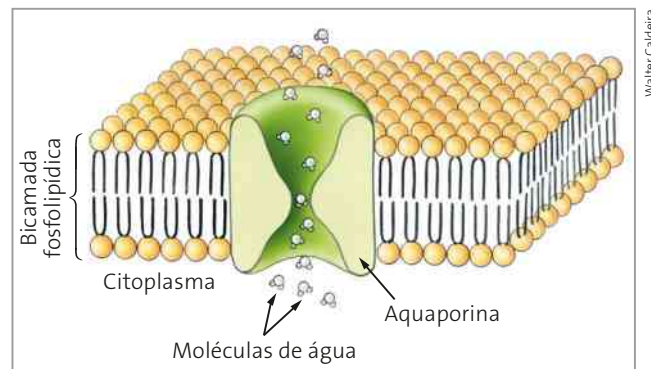


Figura 9.31. Esquema de aquaporina em membrana plasmática, representada em corte. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Despertando ideias

REGISTRE
NO CADERNO



Interpretando experimentos

Analise o experimento a seguir, que visa demonstrar o efeito da pressão osmótica.

Etapa 1 – Em um tubo em U, instalou-se uma membrana semipermeável de modo a separar dois braços de igual tamanho. A um dos braços adicionou-se 100 mL de água e, ao outro, o mesmo volume de uma solução de água com açúcar (ilustração A – fig. 9.32). Após um tempo, verificou-se que houve deslocamento de água para o braço que continha a solução de açúcar até que o sistema estabilizou-se (ilustração B – fig. 9.32).

Etapa 2 – Adicionou-se um pistão ao braço onde estava a solução de açúcar. Aplicou-se a ele uma força de modo a impedir o surgimento do desnível (ilustração C – fig. 9.33). Uma força aplicada sobre uma área resulta em pressão. No caso desse experimento, essa pressão equivale, em valor, à pressão osmótica e pode ser medida por um aparelho chamado osmômetro.

Discussão

1. Explique por que surge o desnível representado na ilustração B.
2. Se as soluções separadas pela membrana semipermeável tivessem a mesma concentração, a força a ser aplicada no pistão para manter as duas colunas de água no mesmo nível seria igual, maior ou menor do que a mostrada na ilustração C? Se a solução de água com açúcar fosse mais hipertônica do que é, como deveria ser essa força? Explique.

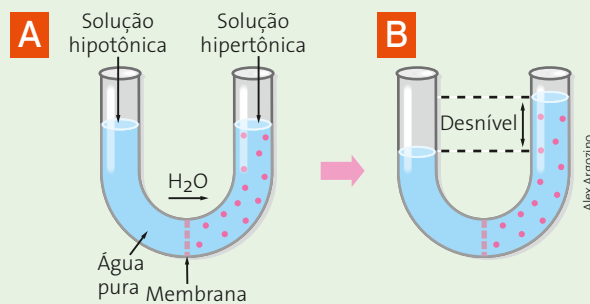


Figura 9.32. Representação da montagem do experimento – etapa 1. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia. Moléculas não são visíveis dessa maneira.)

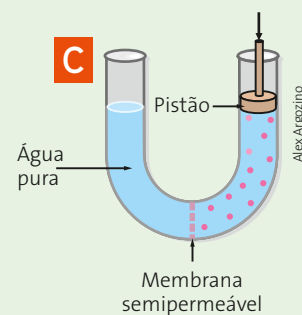


Figura 9.33. Representação da montagem do experimento com pistão acoplado em um dos braços – etapa 2. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia. Moléculas não são visíveis dessa maneira.)

Professor(a), veja nas Orientações didáticas uma proposta de atividade prática, cujo objetivo é discutir como o aumento da pressão interna de uma câmara de ar produz rigidez ou sustentação. Esse seria um bom momento para realizá-la.

Soluções de concentrações diferentes separadas por uma membrana semipermeável desenvolvem pressão osmótica. O valor dessa pressão depende da diferença entre as concentrações dessas soluções e será tanto maior quanto maior for essa diferença.

Observe a figura 9.34, que representa o que ocorre com hemácias quando submetidas a soluções de diferentes concentrações.

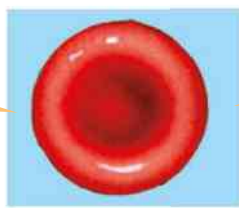
Osmose em célula animal — hemácia

Pressão osmótica interna é maior do que a externa.



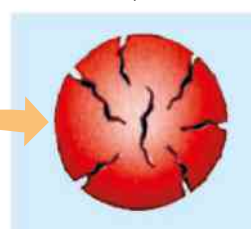
Colocando-se a célula em um meio externo hipertônico, ela perde água e murcha.

Pressão osmótica interna é igual à externa.



Meio externo isotônico com o meio interno: hemácia normal.

Pressão osmótica interna é menor do que a externa.



Colocando-se a célula em um meio externo muito hipotônico, ocorre entrada excessiva de água na célula, que se rompe (lise celular).

Walter Caldeira

Figura 9.34. Esquema dos efeitos da osmose em uma hemácia. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Quando uma célula se encontra em meio com concentração igual à de seu interior (meio isotônico), ela apresenta aparência normal. Em meio hipertônico, a célula perde água e, em meio hipotônico, há entrada de água na célula, provocando aumento de seu volume. No caso da célula animal, a entrada excessiva de água pode levar à ruptura da membrana e morte da célula. No caso das células vegetais, a parede celular, que delimita a célula, impede sua ruptura.

No citoplasma das células vegetais adultas existe uma região central relativamente grande, que é preenchida por uma organela denominada **vacúolo**. Ele abriga uma solução aquosa de várias substâncias e é delimitado pelo **tonoplasto**, uma membrana lipoproteica semipermeável. Desse modo, a água que sai da célula vegetal provém principalmente do vacúolo.

Observe agora o que ocorre com células vegetais (Fig. 9.35).

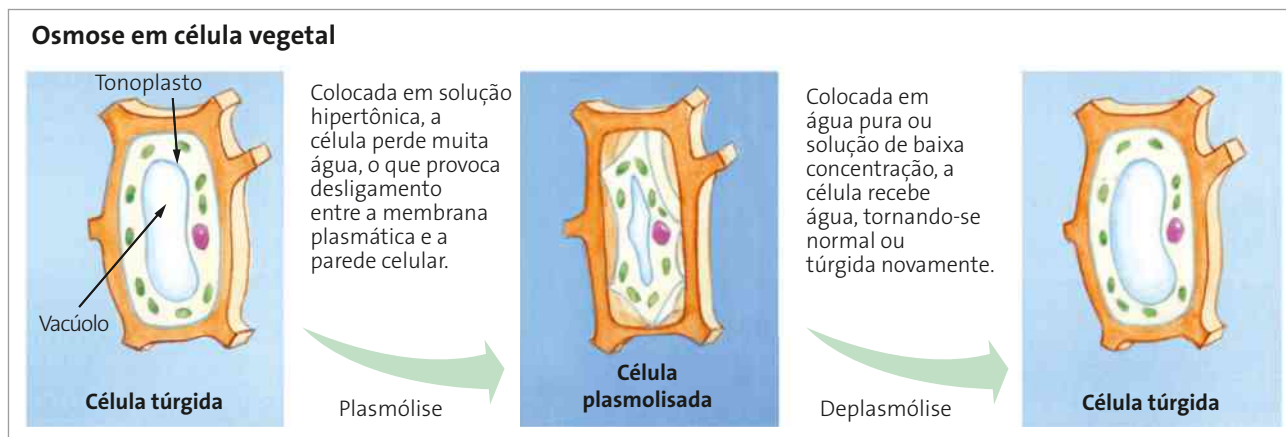


Figura 9.35. Esquema dos efeitos da osmose em uma célula vegetal. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Colocando-se uma célula vegetal túrgida – completamente cheia de água – em uma solução hipertônica, a célula perde água para o meio. Há diminuição do volume do citoplasma, o que reduz a pressão que ele exercia sobre a parede celular. Quando essa pressão é nula, ou seja, a parede celular não fica pressionada nem para fora nem para dentro, diz-se que a célula está **flácida**. A perda do turgor resulta no murchamento da planta. Se a concentração do meio for muito maior que a da célula, ela perderá mais água, o que pode acabar provocando a separação da mem-

brana plasmática da parede celular. O citoplasma e a membrana plasmática acompanham a contração do vacúolo e separam-se da membrana celulósica. Esse processo denomina-se **plasmólise** e ocorre em células vegetais.

O processo inverso à plasmólise é a **deplasmólise**, em que a célula plasmolisada, ao ser colocada em água pura ou em solução de baixa concentração, volta a ficar túrgida. A célula não sofre ruptura como acontece com as hemácias do experimento anterior, pois possui parede celular muito resistente, estrutura ausente nas células animais.

Colocando em foco

POR QUE SALADAS NÃO DEVEM SER TEMPERADAS MUITO ANTES DE SEREM CONSUMIDAS?

Você já deve ter temperado saladas usando basicamente vinagre ou limão, sal e azeite.

Por experiência própria, deve ter observado que, se temperar com antecedência, as verduras murcham. Isso acontece porque ao temperar a salada estamos submetendo as células das verduras a um meio hipertônico, especialmente devido ao sal. Assim, as células perdem água para o meio, por osmose, e murcham (Figs. 9.36 e 9.37).



Figura 9.36. Fotografia de salada sem tempero ou recém-temperada.



Figura 9.37. Fotografia de salada temperada há algum tempo.

10.4. Difusão facilitada

A difusão facilitada também é um processo passivo, que ocorre através das membranas lipoproteicas. Nesse tipo de difusão, algumas proteínas da membrana, chamadas **permeases**, atuam facilitando a passagem de certas substâncias que, por difusão simples, demorariam muito tempo para passar. Esse processo está relacionado ao transporte de alguns aminoácidos, de vitaminas e de alguns íons, como o cálcio, o cloro, o sódio e o potássio e de moléculas, como a glicose. Será a esse transporte de glicose que deteremos nossa atenção. Analise a **figura 9.38**.

O fígado desempenha várias funções, entre elas a de reservatório de glicose, importante combustível para nossas atividades. As células do fígado armazenam glicose sob a forma de glicogênio, que é uma molécula longa formada por várias moléculas de glicose.

Quando a concentração de glicose é maior fora das células do que dentro delas, o hormônio insulina estimula a entrada de moléculas de glicose na célula por difusão facilitada. Se estão em excesso no interior das células, essas moléculas são transformadas em glicogênio, que, sendo insolúvel, não tem efeito osmótico. Como o glicogênio não está dissolvido, não aumenta a concentração interna das células do fígado e, assim, não há o risco de elas incharem por entrada excessiva de água.

Quando os níveis de glicose no sangue diminuem, o hormônio glucagon estimula as células a degradar o glicogênio, formando muitas moléculas de glicose. Como resultado desse processo, a concentração de glicose dentro das células fica maior do que fora delas. Nessa situação, a glicose é transportada para fora das células por difusão facilitada.

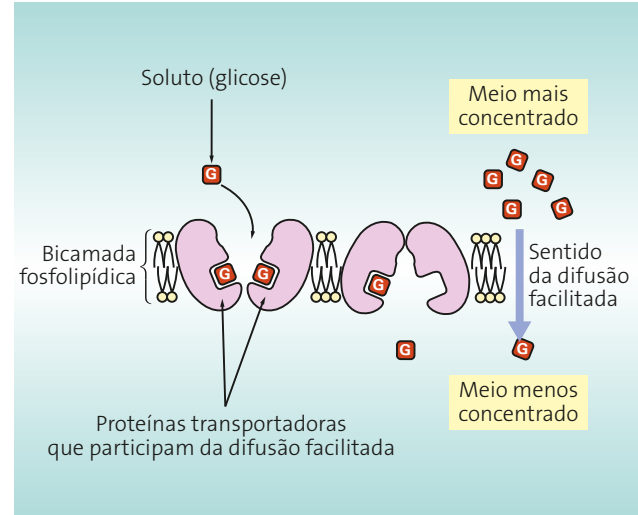


Figura 9.38. Esquema da difusão facilitada da glicose (G) em células do fígado: as proteínas transportadoras alteram suas conformações movendo o soluto (glicose) através da membrana, de acordo com o gradiente de concentração. A membrana está representada em corte. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Colocando em foco

EXEMPLO DA IMPORTÂNCIA CLÍNICA DO TRANSPORTE ATRAVÉS DE MEMBRANA

A **fibrose cística** é uma doença caracterizada pela secreção anormal de muco, principalmente pelas células do sistema respiratório. Esse muco é espesso e viscoso e, por ser dificilmente eliminado das vias aéreas, acaba acarretando infecções pulmonares frequentes (**Fig. 9.39**).

Essa doença pode levar o indivíduo à morte ainda na infância, embora já existam tratamentos que prolonguem a vida dos pacientes.

Na membrana plasmática das células existe uma proteína que realiza o transporte de íons cloro. A causa da fibrose cística está relacionada com a presença de um tipo anormal dessa proteína, que deixa de fazer o transporte desses íons de forma adequada. Isso acarreta alterações na concentração normal dos íons cloro dentro da célula, o que leva à produção de muco espesso.

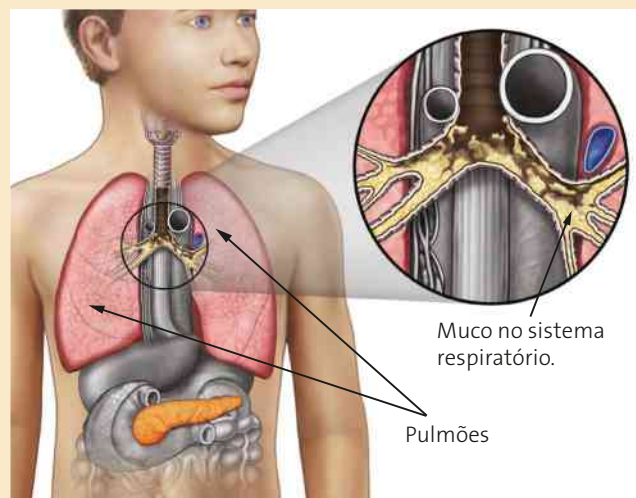


Figura 9.39. Esquema representando o excesso de muco no sistema respiratório que ocorre na fibrose cística. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

10.5. Bomba de sódio e potássio – processo ativo

Os processos ativos são os que ocorrem através da membrana plasmática ou de qualquer outra membrana da célula graças ao fornecimento de energia do metabolismo celular. Esses processos são caracterizados pelo movimento de soluto **contra o gradiente de concentração**, ou seja, da solução menos concentrada para a mais concentrada. São sempre realizados por permeases (proteínas carreadoras) presentes na membrana plasmática.

Medindo-se a concentração de dois importantes íons para a célula – Na^+ e K^+ –, verifica-se que há maior concentração de íons Na^+ no líquido extracelular do que no meio intracelular. Já com os íons K^+ acontece o contrário: sua concentração é maior dentro da célula do que fora dela.

Esses íons atravessam normalmente a membrana celular pelo processo de difusão facilitada. Assim, se

não houvesse um processo ativo capaz de manter essa diferença de concentração, sódio e potássio tenderiam a igualar suas concentrações fora e dentro da célula. Porém, é fundamental para o metabolismo celular manter essa diferença de concentrações. É importante haver íons K^+ em alta concentração na célula, pois eles são necessários na síntese de proteínas e em algumas etapas da respiração. Entretanto, a alta concentração desses íons no meio intracelular pode trazer problemas osmóticos, pois a célula torna-se hipertônica. O bombeamento de Na^+ para fora da célula contribui, então, para a regulação osmótica.

O processo ativo que permite a manutenção da concentração diferencial desses íons é chamado **bomba de sódio e potássio** (Fig. 9.40).

Utilizando energia, os íons Na^+ (que penetram na célula por difusão facilitada) são levados para o meio extracelular e os íons K^+ (que saem da célula por difusão facilitada) são levados para o meio intracelular.

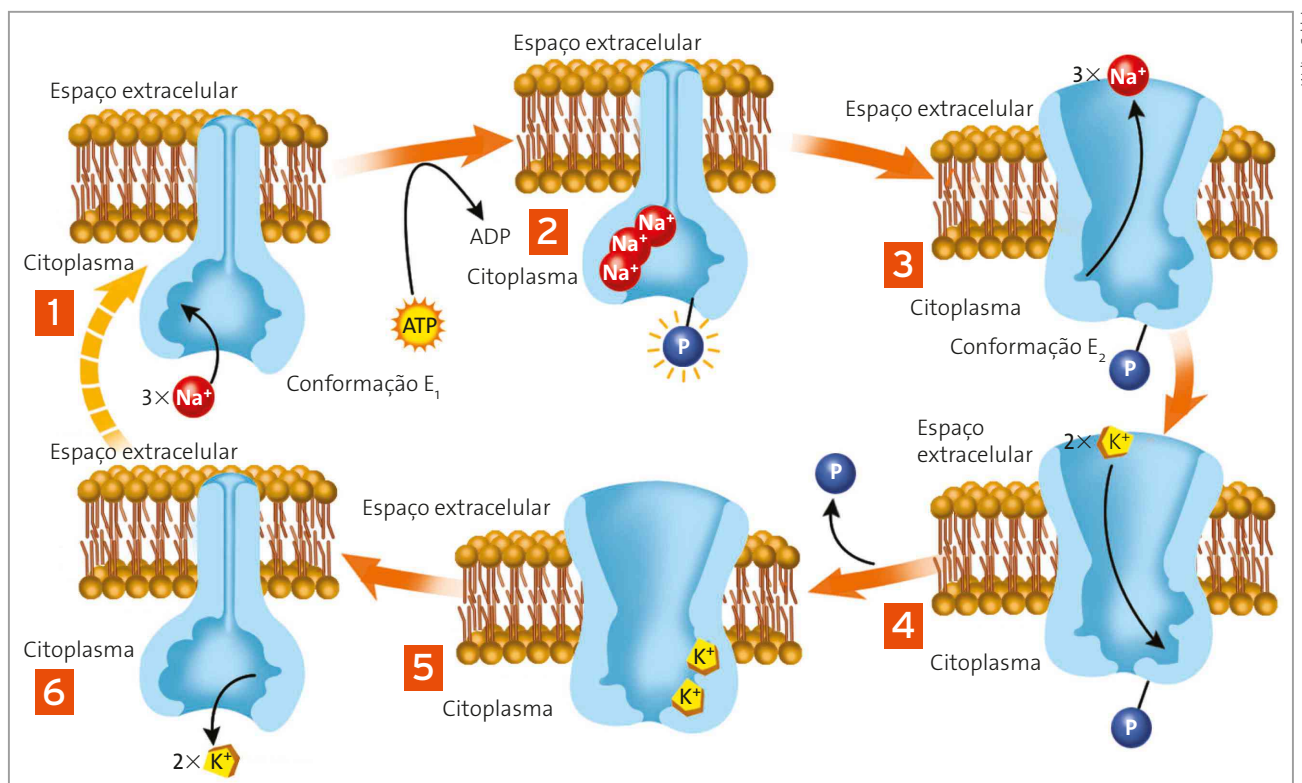


Figura 9.40. Esquema representando a bomba de sódio e potássio. (Estruturas representadas em corte; elementos em diferentes escalas; cores fantasia.)

1. A proteína carreadora está em sua conformação espacial chamada E_1 , em que três íons sódio combinam-se em sua parte voltada para o interior da célula.
2. Uma molécula de ATP (trifosfato de adenosina), que fornece energia a diversos processos celulares, transfere um de seus fosfatos à proteína carreadora.
3. A energia fornecida pelo ATP promove alteração da forma da proteína, que passa a ter a conformação E_2 , liberando os três íons sódio para o exterior da célula; nesse processo, o grupo fosfato da molécula de ATP fica associado à proteína.
- 4 e 5. Dois íons potássio do meio exterior ligam-se à carreadora, que ao mesmo tempo libera o fosfato.
6. Os dois íons potássio são liberados no interior da célula e a carreadora volta à sua conformação E_1 e pode agir novamente.

A bomba de sódio e potássio é importante ainda na produção de diferença de cargas elétricas nas membranas celulares. Nas células animais, a maioria das membranas celulares tem uma diferença de potencial elétrico de cada lado da membrana, o que é chamado potencial de membrana. Geralmente, o lado citoplasmático da membrana plasmática tem potencial negativo em relação ao exterior. Essa diferença é mantida pela bomba de sódio e potássio, pois, para cada três íons Na^+ bombeados para fora da célula, apenas dois íons K^+ são bombeados para dentro dela (relação de 3 : 2). Assim, quando essas membranas não são estimuladas por impulsos, elas apresentam carga positiva na face externa e carga negativa na face interna (Fig. 9.41).

Especialmente em células nervosas e musculares, essa diferença de cargas elétricas propicia a transmissão de impulsos elétricos. Nesses casos, quando há um estímulo, ocorre inversão temporária das cargas elétricas.

Professor(a), esse assunto será aprofundado no volume 3 da coleção.

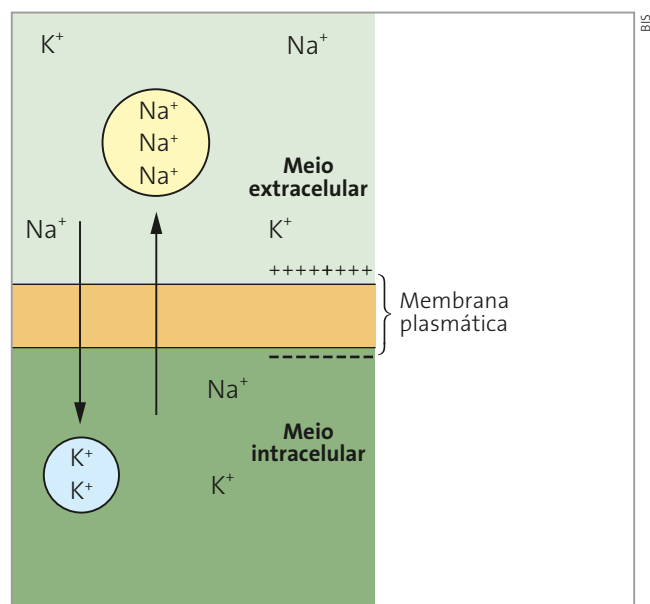


Figura 9.41. Representação do potencial elétrico negativo (no meio intracelular) e positivo (no meio extracelular), mantido pela bomba de sódio e potássio.

10.6. Endocitose e exocitose

Nos itens anteriores, foram discutidos os mecanismos pelos quais pequenas moléculas e íons atravessam a membrana plasmática. Partículas maiores não conseguem atravessar a membrana, mas podem ser incorporadas à célula por endocitose ou ser eliminadas por exocitose.

A endocitose pode ocorrer por dois processos básicos: a fagocitose e a pinocitose.

A fagocitose (*fagos* = comer; *citos* = célula; ato de a célula comer) é um processo de ingestão de partículas grandes, como microrganismos e restos de outras células.

A pinocitose (*pinos* = beber; ato de a célula “beber”) está relacionada à ingestão de moléculas grandes, como polissacarídeos e proteínas dissolvidas em água.

Esses dois processos estão esquematizados de modo comparativo e simplificado nas figuras 9.42 e 9.43.

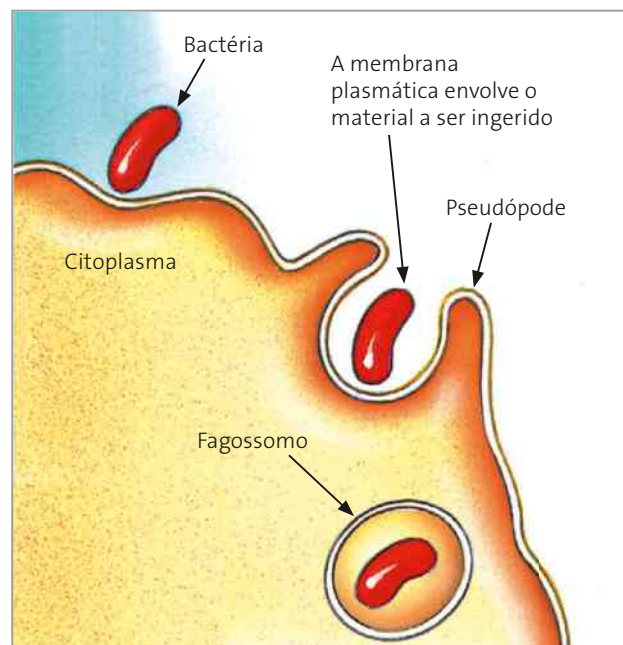


Figura 9.42. Esquema de fagocitose: ingestão de partículas grandes, como microrganismos e pedaços de célula, por meio de pseudópodos, gerando vesículas grandes, os **fagossomos**. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

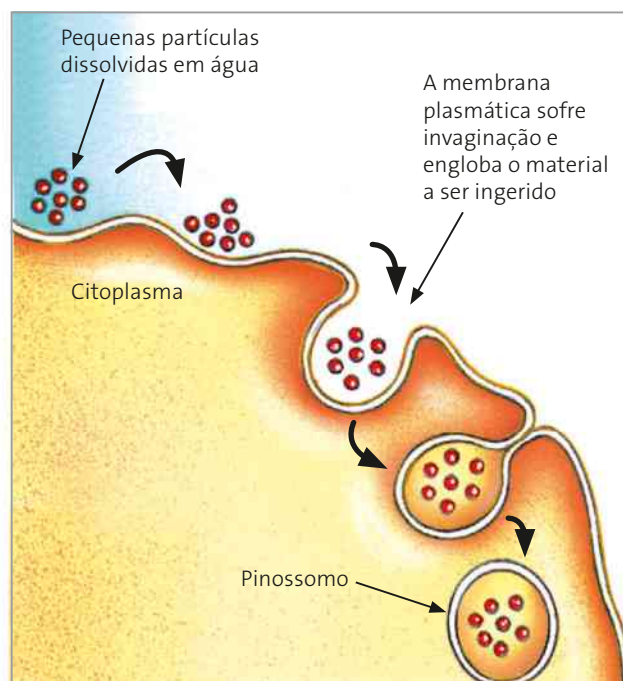


Figura 9.43. Esquema de pinocitose: ingestão de moléculas grandes dissolvidas em água por meio de invaginações da membrana, gerando vesículas pequenas, os **pinossomos**. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A fagocitose é um mecanismo empregado por muitos protistas, em especial as amebas, para a obtenção de alimento, no caso outros microrganismos que são englobados no processo. Nos organismos multicelulares, a fagocitose é exercida apenas por certas células especializadas.

Nas células que realizam fagocitose, o material ingerido fica no interior de uma vesícula grande, denominada **fagossomo**, um tipo de vacúolo alimentar, e é degradado por ação de enzimas específicas.

Ao contrário da fagocitose, que é realizada apenas por algumas células especializadas, a pinocitose ocorre praticamente em todos os tipos celulares.

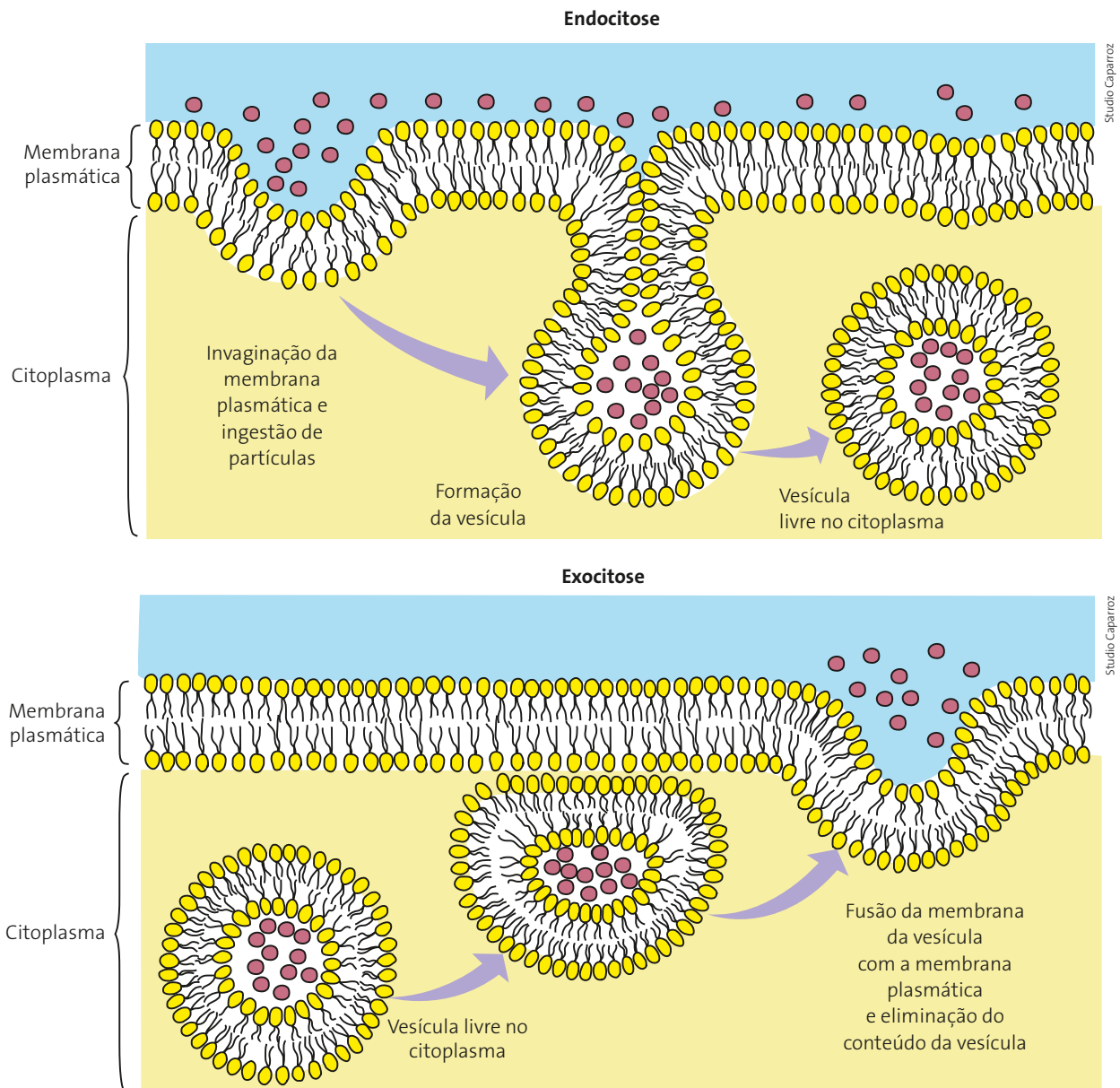
As partículas ingeridas por pinocitose ficam no interior de pequenas vesículas denominadas **pinossomos** e podem servir como alimento para as células.

Os mecanismos de digestão intracelular serão discutidos no próximo capítulo.

Enquanto os mecanismos de endocitose descritos envolvem a ingestão de material, a exocitose envolve a eliminação de material, ou seja, de dentro para fora da célula.

A exocitose é um processo frequente nas células com função secretora, como as do pâncreas, por exemplo, que secretam insulina e glucagon (hormônios lançados na corrente sanguínea que, como vimos, atuam no metabolismo de açúcares) (Fig. 9.44).

Também por exocitose são eliminados resíduos do material digerido dentro da célula.



▲ **Figura 9.44.** Esquema comparativo de endocitose e exocitose. (Estruturas representadas em corte, em diferentes escalas; cores fantasia.)



COMBATE A INFECÇÕES E “LIMPEZA” DO NOSSO CORPO

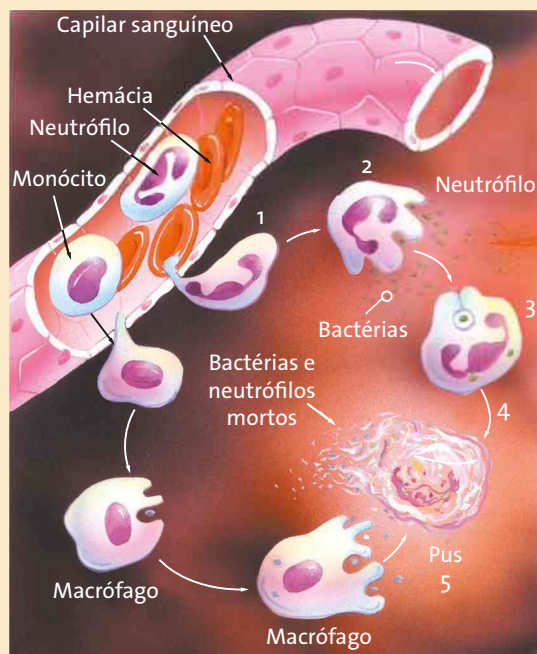
Você sabe o que é o **pus** que se forma nos ferimentos infeccionados?

Quando a pele humana sofre uma lesão, pode ocorrer infecção por bactérias. Nesse caso, **neutrófilos** (um tipo de glóbulo branco do sangue) saem dos vasos sanguíneos e vão para o local da infecção. Esse processo de atravessar a parede dos capilares sanguíneos é denominado **diapedese**.

Os neutrófilos fagocitam ativamente as bactérias, mas acabam morrendo juntamente com as várias bactérias que ingeriram. Os neutrófilos e as bactérias mortos formam os principais elementos encontrados no pus de ferimentos infeccionados.

Nessa fase, os **monócitos**, que são outro tipo de glóbulo branco do sangue, saem dos vasos sanguíneos também por diapedese e transformam-se em **macrófagos**.

Os macrófagos têm alta capacidade de fagocitose e dirigem-se ao local da infecção, onde ingerem bactérias invasoras, restos de células mortas e até mesmo os próprios neutrófilos já destruídos (Fig. 9.45).



Estúdio Ampla Arena

Figura 9.45. Esquema simplificado representando uma resposta inflamatória. Leucócitos e macrófagos medem cerca de 15 μm de diâmetro; hemácias medem em torno de 7 μm de diâmetro. O capilar sanguíneo foi representado com parte de sua parede removida para visualizar as células sanguíneas. (Cores fantasia.)



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO



Osmose reversa e o tratamento de água

Osmose reversa é o processo de separação da água dos sais minerais. Esta se constitui de duas soluções, uma com concentração maior de sais em relação à outra concentração, diferentemente da osmose natural, a solução mais concentrada tende a ir para solução menos concentrada.

Isso acontece devido a uma pressão mecânica superior à pressão osmótica aplicada sobre a solução mais concentrada. Devido à pressão aplicada, as moléculas de água passam pela membrana semipermeável, separando a solução em duas partes distintas: permeado e rejeito, este último percorre a membrana sem atravessá-la para formar o que deve ser desprezado, já o permeado é a parte da solução que atravessa a membrana contendo alto grau de pureza. O processo de tratamento remove grande parte dos componentes orgânicos e até 99% dos sais dissolvidos.

[...]

Devido à má distribuição de água potável no país e à preocupante tendência de escassez de água no mundo, o sistema de osmose reversa é uma opção viável para a população. Com o sistema se pode obter água potável resultante do tratamento de águas pluviais ou águas salobras, com a separação dos minerais e poluentes presentes nessa água e com a obtenção de água pura, sendo possível a mineração desta, com quantidade adequada de cálcio, flúor, cloro, entre outros minerais essenciais para o consumo humano desta água, tratando-a para que seja insípida, inodora e incolor. Este sistema já vem sendo utilizado em algumas regiões do país para tratamento de água salobra em água potável.

[...]

SILVA, D. S. C.; SANTOS, E. B.; DUARTE, J. A. Utilização de osmose reversa para tratamento de águas. Disponível em: <http://www.fatecgarca.edu.br/revista/Volume3/artigos_vol3/Artigo_6.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

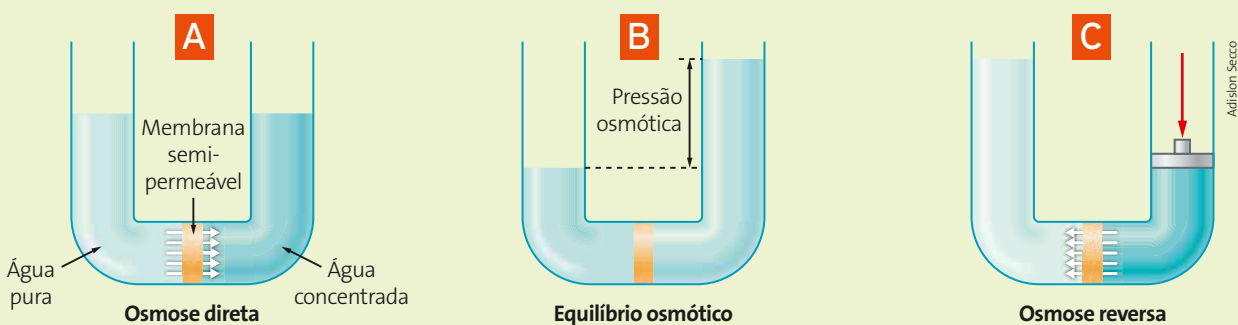


Figura 9.45. Representações esquemáticas do processo de osmose direta (A e B), levando ao equilíbrio osmótico (B), e do processo de osmose reversa (C), em que uma força (seta vermelha) é aplicada a um disco colocado na superfície do fluido de maior concentração, fazendo com que o aumento da pressão promova a passagem de água no sentido inverso, ou seja, da solução mais concentrada para a menos concentrada.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Considerando a importância da água para a sobrevivência não apenas da espécie humana como dos demais seres vivos, faça, com seu grupo, uma pesquisa a respeito da osmose reversa no Brasil, suas aplicações e os projetos que estão em desenvolvimento. Analisem um dos aspectos da osmose reversa que tem sido objeto de preocupação, que é o destino do resíduo salgado. Pesquisem soluções que podem ser adotadas para o problema desse resíduo. Apresentem aos colegas as informações obtidas e ouçam a apresentação deles. Depois, como trabalho coletivo da classe, produzam um filme sobre o assunto e, sob a orientação do(a) professor(a), divulguem esse conhecimento para a comunidade. O filme poderá ser também divulgado por um canal na internet. Outra opção será produzir um *podcast* entrevistando profissionais que estejam trabalhando com a questão da dessalinização da água no Brasil e o que fazer com os resíduos resultantes desse processo.



Retomando

Este capítulo evidenciou a grande importância da Citologia, ramo da Biologia que estuda as células, e dos equipamentos usados nesse estudo: os microscópios. Analise as respostas que deu às questões da seção **Pense nisso** e confronte-as com o conhecimento que adquiriu. Você reformularia algumas dessas respostas?



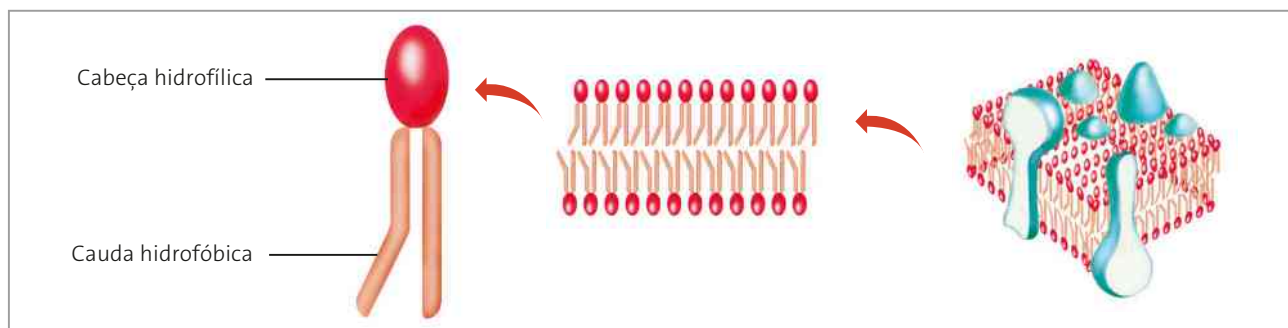
Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO

Atividade 1 Envoltórios celulares — membrana plasmática

Habilidades do Enem: H3, H14, H15, H17, H18, H20, H21, H24, H28.

Analisar as representações abaixo:



Walter Caldeira

Componentes da membrana plasmática. (Estruturas representadas em corte; elementos em diferentes escalas; cores fantasia.)

- Relacione a estrutura química dos fosfolípidios, considerando a porção hidrofílica e a hidrofóbica, com a configuração da membrana plasmática resultante da disposição dessas moléculas.
- Como a constituição química e a estrutura da membrana plasmática, representadas nas figuras, participam da sua propriedade de permeabilidade seletiva?

Atividade 2 Introdução ao estudo da Citologia — histórico Habilidade do Enem: H3.

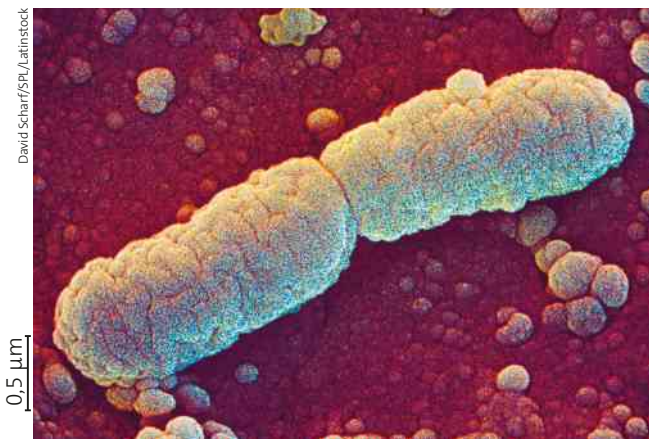
A Biologia entrou em uma nova fase com o advento do microscópio. Estruturas antes desconhecidas, especialmente as organelas celulares, passaram a ser observadas e compreendidas graças a esse equipamento, o que permitiu o surgimento da Citologia. Desde os primeiros estudos publicados por Hooke até os dias atuais, o desenvolvimento tecnológico tem permitido avanços ainda maiores nessa área. Vamos organizar essas informações em uma tabela, reconstruindo a história dos estudiosos tratados neste capítulo e suas respectivas contribuições para o entendimento da estrutura e do funcionamento celular. Faça no caderno um quadro como o do modelo abaixo e complete as linhas com as informações solicitadas.

Pesquisador e período	Formação	Contribuição

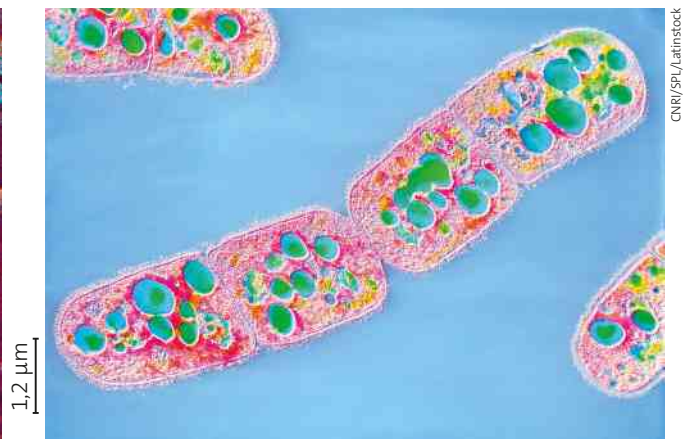
Agora, escolha um desses pesquisadores e elabore uma biografia, com base em fontes confiáveis de consulta. Ao final, apresente seus resultados para os demais colegas de classe. Troquem ideias e aprendam um pouco mais a respeito desses pesquisadores.

Atividade 3 Microscópios eletrônicos Habilidades do Enem: H2, H7, H17, H18, H22.

As figuras abaixo foram obtidas por microscopia eletrônica. Com base no que foi discutido neste capítulo sobre microscopia de transmissão e de varredura, identifique o tipo utilizado em cada uma delas. Explique como você chegou a essa conclusão.



⚡ Eletromicrografia de bactérias. (Cores artificiais.)



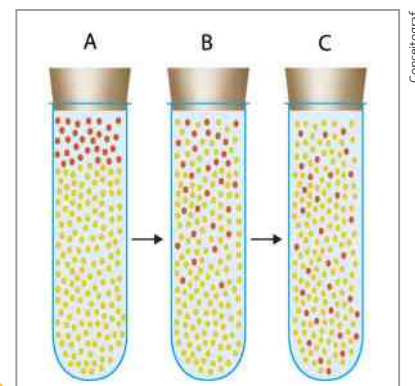
⚡ Eletromicrografia de bactérias. (Cores artificiais.)

Atividade 4 Gradientes de concentração movem partículas

Habilidades do Enem: H15, H17, H18, H20, H24.

A figura ao lado mostra o que está acontecendo ao longo do tempo em um recipiente contendo água e dois solutos, um deles representado por pontos vermelhos e o outro, por pontos amarelos. A situação **A** corresponde ao tempo zero ou inicial; **B** representa o mesmo frasco depois de 5 minutos; e **C**, depois de 10 minutos. Esse esquema pode ser usado como modelo para explicar um tipo de processo que ocorre em membranas permeáveis e semipermeáveis. Qual é o nome desse processo? Explique sua resposta.

Representação da montagem do experimento, os pontos vermelhos e amarelos representam os solutos. (Elementos em diferentes escalas; cores fantasia.)



Atividade 5 Transporte através da membrana Habilidades do Enem: H15, H17, H18, H20, H24.

Na tabela a seguir são apresentadas as estimativas de concentrações de alguns íons em neurônios (células nervosas) gigantes de lulas. Os valores estão representados em unidades arbitrárias (**u**).

O processo físico de difusão, em que as substâncias tendem a passar de um meio mais concentrado para outro menos concentrado sem gasto de energia, ocorre naturalmente entre dois meios de concentrações diferentes que estejam em contato entre si. Na referida tabela, no entanto, verificamos valores muito distintos entre o meio externo e o meio interno da célula quanto a alguns íons. Essa é a situação de equilíbrio das células nervosas. Com base no que você aprendeu sobre os mecanismos de transporte através da membrana, explique como é possível para a célula manter essas diferenças de concentração entre o meio externo e o interno.

Íons	Concentração no citoplasma (u)	Concentração no meio extracelular (u)
Potássio (K^+)	400	20
Sódio (Na^+)	50	440
Cloro (Cl^-)	52	560
Ânions orgânicos	385	0

Dados elaborados pelos autores para fins didáticos.

**Testes**

REGISTRE
NO CADERNO



1. (Enem) Osmose é um processo espontâneo que ocorre em todos os organismos vivos e é essencial à manutenção da vida. Uma solução 0,15 mol/L de $NaCl$ (cloreto de sódio) possui a mesma pressão osmótica das soluções presentes nas células humanas.

A imersão de uma célula humana em uma solução 0,20 mol/L de $NaCl$ tem como consequência, a

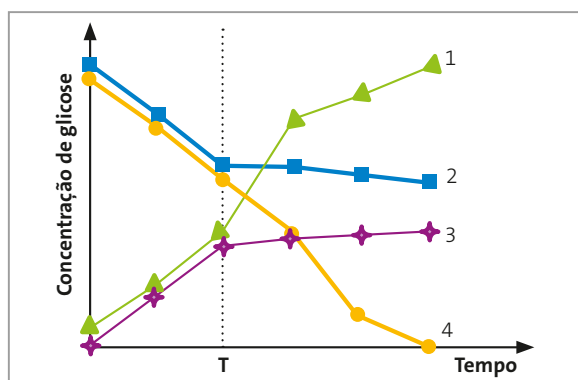
- a) adsorção de íons Na^+ sobre a superfície da célula.
- b) difusão rápida de íons Na^+ para o interior da célula.
- c) diminuição da concentração das soluções presentes na célula.
- d) transferência de íons Na^+ da célula para a solução.
- x e) transferência de moléculas de água do interior da célula para a solução.

2. (Uerj) Num experimento sobre absorção intestinal foi utilizado o seguinte procedimento:

- fechar um pedaço de alça intestinal em uma das extremidades, formando um saco;
- virar o saco, expondo a mucosa para o lado externo;
- colocar solução salina no interior do saco;

- mergulhá-lo, parcialmente, numa solução salina idêntica, porém acrescida de glicose;
- medir, em função do tempo, a variação da concentração da glicose na solução externa, mantendo as condições adequadas;
- adicionar, em um determinado momento **T**, à solução externa, cianeto de sódio, um forte inibidor da cadeia respiratória mitocondrial.

O resultado deste experimento está representado por uma das curvas do gráfico a seguir.



Conceitograf

A curva que representa as variações da concentração de glicose na solução em que o saco foi mergulhado é a de número:

- a) 1. x b) 2. c) 3. d) 4.

3. (UFPR) Culturas de células hepáticas humanas, mantidas sob condições adequadas a sua sobrevivência, foram submetidas a diferentes situações experimentais, apresentadas na coluna I. Para cada uma, um resultado foi encontrado, e estes estão listados na coluna II. Numere a segunda coluna de acordo com a primeira.

Coluna I

1. Elevação de temperatura (de 36 °C para 50 °C).
2. Aumento da concentração de sais no meio de cultivo.
3. Remoção de glicose do meio de cultivo.
4. Adição de detergente ao meio de cultivo.
5. Remoção do oxigênio.

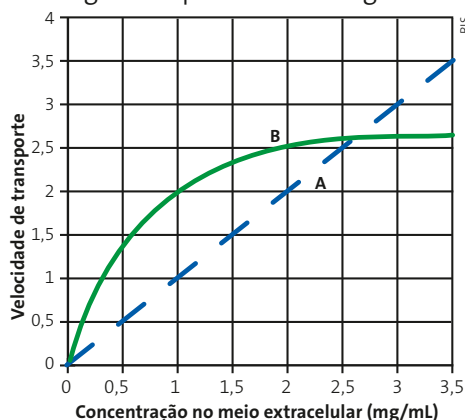
Coluna II

- ☐ Células morrem por falta de importante fonte de energia.
- ☐ Células morrem por desnaturação das proteínas.
- ☐ Células morrem por anoxia.
- ☐ Células morrem por rompimento da membrana plasmática.
- ☐ Células diminuem de tamanho por perda de água.

- a) 4; 1; 5; 2; 3. d) 4; 1; 2; 5; 3.
b) 3; 4; 2; 5; 1. e) 5; 4; 2; 3; 1.

x c) 3; 1; 5; 4; 2.

4. (Unicamp-SP) Hemácias de um animal foram colocadas em meio de cultura em vários frascos com diferentes concentrações das substâncias **A** e **B**, marcadas com isótopo de hidrogênio. Dessa forma os pesquisadores puderam acompanhar a entrada dessas substâncias nas hemácias, como mostra o gráfico apresentado a seguir.



Assinale a alternativa correta.

- x a) A substância **A** difunde-se livremente através da membrana; já a substância **B** entra na célula por um transportador que, ao se saturar,

mantém constante a velocidade de transporte através da membrana.

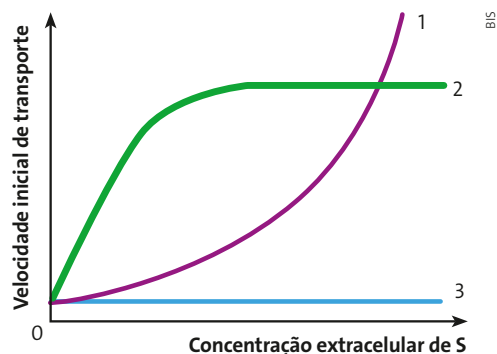
- b) As substâncias **A** e **B** atravessam a membrana da mesma forma, porém a substância **B** deixa de entrar na célula a partir da concentração de 2 mg/mL.
c) A quantidade da substância **A** que entra na célula é diretamente proporcional a sua concentração no meio extracelular, e a de **B**, inversamente proporcional.
d) As duas substâncias penetram na célula livremente, por um mecanismo de difusão facilitada, porém a entrada da substância **A** ocorre por transporte ativo, como indica sua representação linear no gráfico.

5. (Uerj) Células do tipo **X** absorvem a substância **S** apenas por transporte ativo. Essa absorção, em células do tipo **Y**, é feita por transporte passivo mediado por um transportador específico.

Num experimento, foram medidas as velocidades iniciais de transporte de **S** através das membranas plasmáticas de **X** e de **Y**, em função de concentrações crescentes dessa substância no meio extracelular. O experimento foi repetido, então, em presença de um inibidor da geração de ATP nas células.

Observe a tabela, que resume as condições do experimento, e o gráfico a seguir.

Inibidor de ATP	Tipo de célula	
	X	Y
Ausente	I	III
Presente	II	IV



As curvas que representam as medidas obtidas, respectivamente, nas condições experimentais I, II, III e IV, são:

- a) 1 - 2 - 1 - 3. c) 2 - 3 - 2 - 3.
x b) 2 - 3 - 2 - 2. d) 3 - 3 - 1 - 1.

O citoplasma das células

Biophoto Associates/Photo Researchers/Latinstock

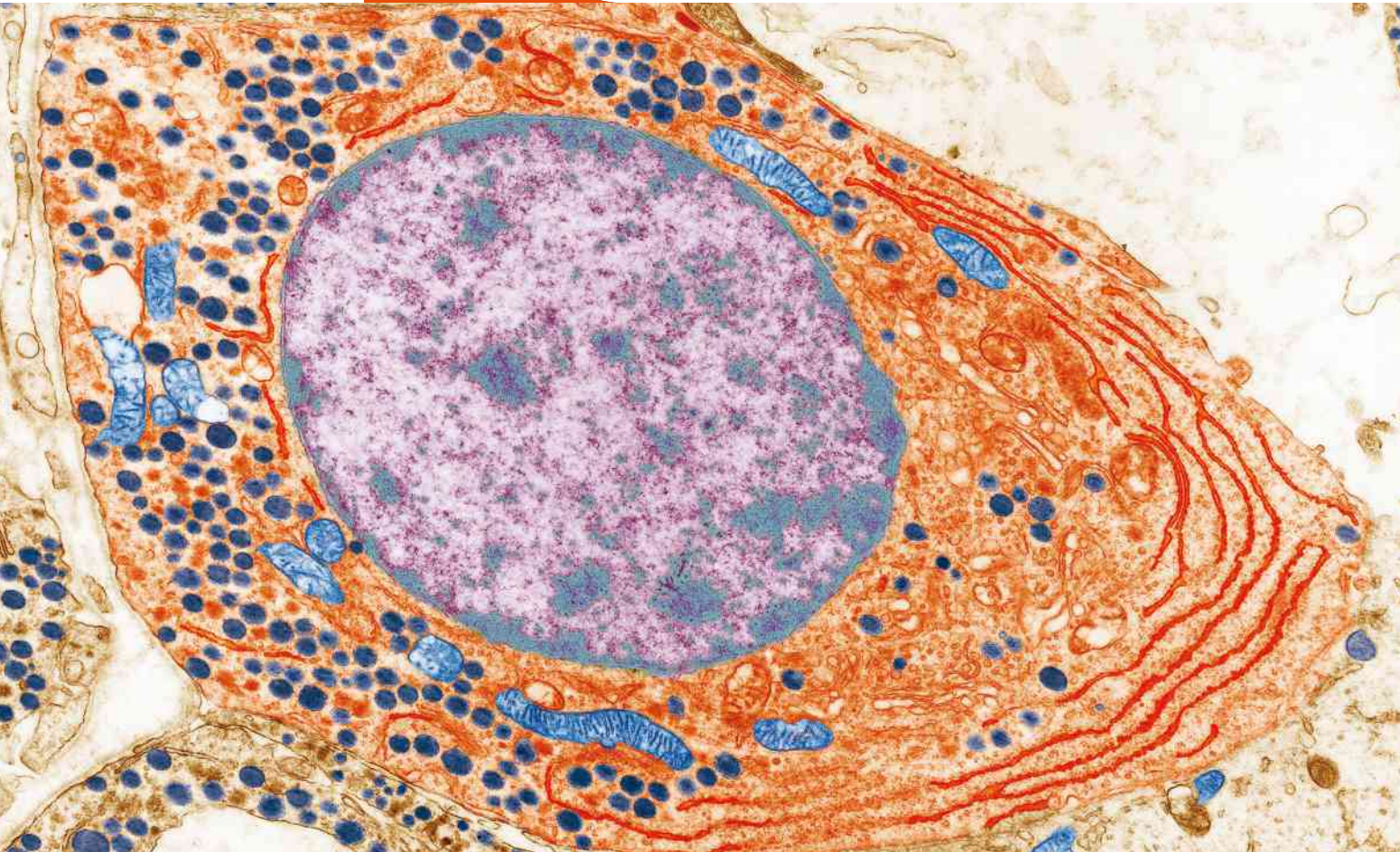


Figura 10.1. O desenvolvimento de microscópios cada vez mais potentes vem expandindo as fronteiras de nosso entendimento do mundo vivo e abrindo novos horizontes no conhecimento das células. Nessa eletromicrografia de transmissão, há destaque para uma célula humana, que recebeu cores artificiais para evidenciar as estruturas em seu interior. No centro, em tons de cor-de-rosa, vemos o núcleo e, no citoplasma, linhas avermelhadas que correspondem ao retículo endoplasmático, estruturas azuladas e alongadas, que correspondem às mitocôndrias e outras arroxeadas e redondas, que são vesículas secretoras. Todas essas estruturas e algumas outras são características de células eucarióticas. Eletromicrografia com aumento de cerca de 10 000 vezes.



Pense nisso

- Compare essa imagem com a da abertura do capítulo anterior, que também mostra células humanas. Descreva as diferenças que consegue perceber no detalhamento das estruturas internas.
- Quais estruturas celulares são visíveis na imagem de abertura do capítulo anterior e que você também reconhece aqui?
- Se a imagem acima fosse de uma eletromicrografia de transmissão de célula vegetal, quais diferenças você esperaria encontrar em relação à célula animal? E se fosse de uma bactéria? Quais seriam as diferenças?

1. Comparando células procarióticas com eucarióticas

Até os anos 1940, eram pouco conhecidos a variedade e o detalhamento de organelas celulares. Embora no início do século XX já se soubesse, por meio de técnicas específicas de coloração de células eucarióticas em laboratório, da existência de um sistema interno de estruturas membranosas, a maioria dos detalhes se revelou somente com o advento do microscópio eletrônico de transmissão.

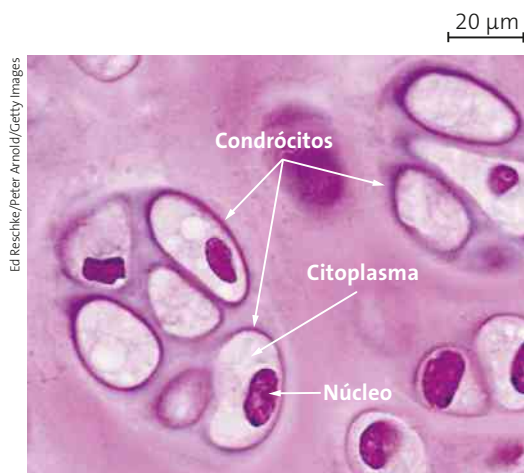


Figura 10.2. Fotomicrografia de corte histológico de tecido cartilaginoso humano corado. Nessa imagem há várias células chamadas condrócitos. Note o núcleo, no centro das células, e o citoplasma, onde se distinguem apenas algumas granulações.

Analise as duas micrografias a seguir e veja a diferença de detalhes que se pode obter ao microscópio de luz e ao microscópio eletrônico (Figs. 10.2 e 10.3).

Com base no estudo integrado de numerosas imagens de cortes de células dos mais diversos tipos, puderam ser compostas visões tridimensionais delas. As representações artísticas de células que usamos neste livro foram concebidas considerando esses vários estudos.

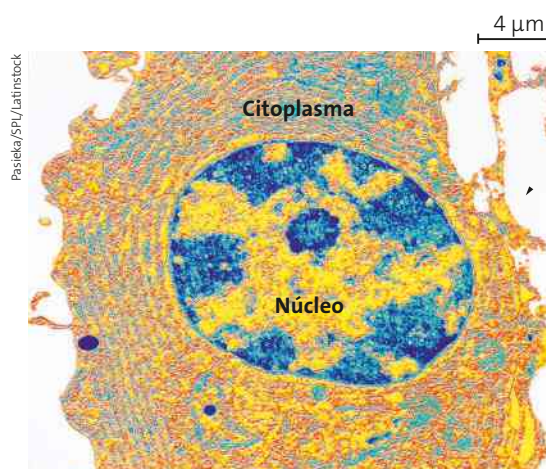


Figura 10.3. Eletromicrografia de transmissão de um condrócito. Compare a riqueza e a complexidade estrutural do citoplasma (entre o núcleo e a membrana plasmática) com a que se pode ver com o microscópio de luz. (Cores artificiais.)

Agora, analise mais detalhadamente esquemas da estrutura de células procarióticas, sendo uma de bactéria (Fig. 10.4) e outra de cianobactéria (Fig. 10.5).

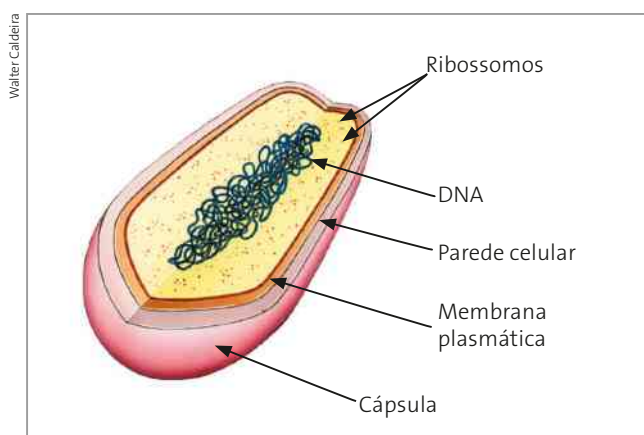


Figura 10.4. Esquema de célula de bactéria vista com parte removida. Mede cerca de 3 μm de comprimento. (Cores fantasia.)

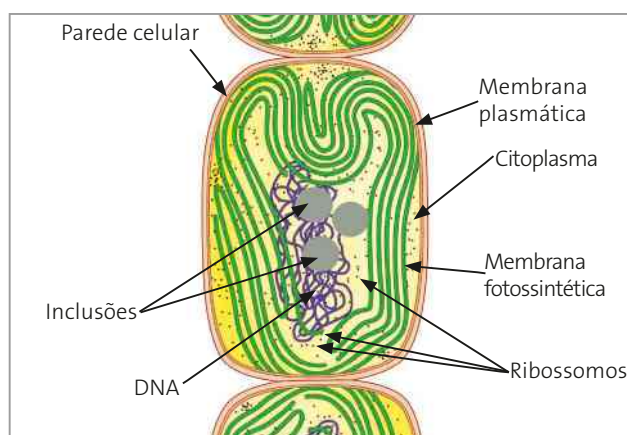


Figura 10.5. Esquema de uma cianobactéria vista em corte. A célula mede cerca de 5 μm de comprimento. (Cores fantasia.)

O citoplasma das células procarióticas é muito mais simples do que o das eucarióticas. Ele é formado por uma matriz rica em água, com diversos íons e moléculas dissolvidos, mas em geral não existem organelas membranosas. Pode haver, no entanto, membranas especiais no citoplasma dessas células, caso das membranas fotossintéticas, presentes no citoplasma das cianobactérias. Essas membranas, no entanto, não formam um cloroplasto.

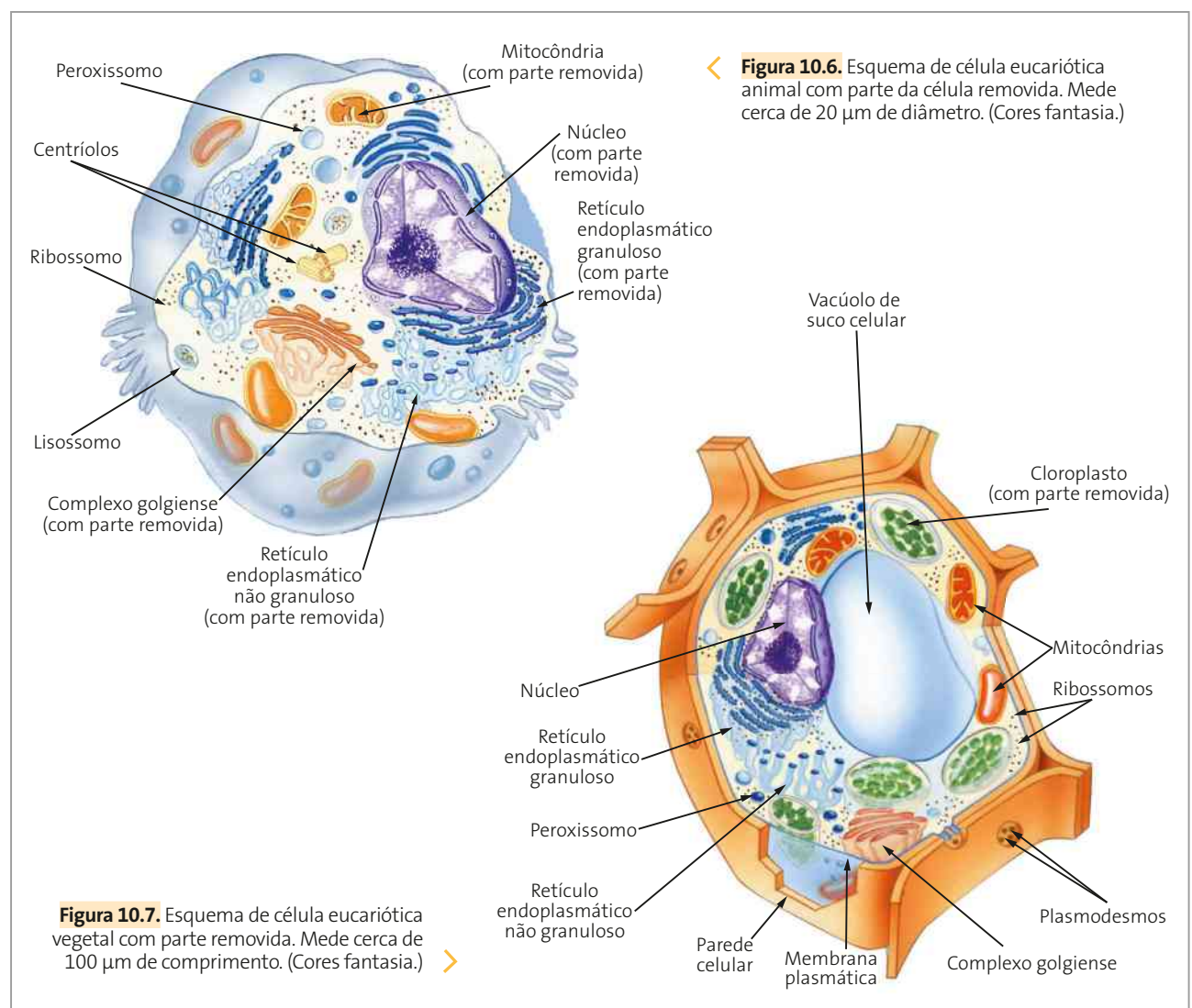
Imersos no citoplasma das células procarióticas estão os **ribossomos** — estruturas semelhantes a pequenos grãos, sem membrana delimitante. Eles são formados por proteínas associadas a um tipo de ácido nucleico denominado ácido ribonucleico ribossômico (**RNAr**). Os ribossomos são muito importantes no processo de síntese proteica. Além deles, também pode haver **inclusões** citoplasmáticas, que são acúmulos de substâncias de reserva, subprodutos inertes do metabolismo celular, ou ainda grânulos de diversos pigmentos. Ribossomos e inclusões também ocorrem nas células eucarióticas.

Em uma região da matriz citoplasmática das células procarióticas, encontra-se disperso o material genético, constituído por uma única molécula circular de DNA. Essa região da célula recebe o nome de **nucleoide**. Não existe uma membrana separando o nucleoide do restante do citoplasma.

Nas células eucarióticas, o citoplasma corresponde a toda a região situada entre a membrana plasmática

e o **envelope nuclear**, estrutura membranosa que delimita o núcleo. O citoplasma é constituído por um fluido chamado citosol, composto basicamente de água, íons e substâncias necessárias à síntese de moléculas orgânicas, onde estão imersos os ribossomos e, em certos casos, as inclusões.

São características exclusivas das células eucarióticas, além do núcleo, o tipo de citoesqueleto e as organelas membranosas. O citoesqueleto dos eucariontes é responsável pela forma e sustentação interna da célula e pelo movimento do citoplasma. Recentemente descobriu-se uma tênue rede de fios proteicos no citoplasma de células procarióticas, que tem sido chamada de citoesqueleto procariótico. Estudos estão em andamento visando entender melhor como é esse citoesqueleto procariótico. Nesta obra, faremos referência apenas ao citoesqueleto eucariótico que está mais bem estudado e conhecido. Analise os esquemas a seguir, que comparam a estrutura geral de uma célula animal (Fig. 10.6) com a de uma célula vegetal (Fig. 10.7).



As organelas membranosas representam cerca de 40% do volume total de uma célula eucariótica. Esse é, no entanto, um valor médio, variando de célula para célula em um mesmo indivíduo e de espécie para espécie. Essa porcentagem depende também da atividade metabólica da célula.

Para facilitar o estudo do citoplasma, vamos analisá-lo sob o ponto de vista funcional (ou fisiológico), e não apenas sob o morfológico. Vamos considerar as principais funções citoplasmáticas e as estruturas envolvidas na execução dessas funções, tomando por base células eucarióticas:

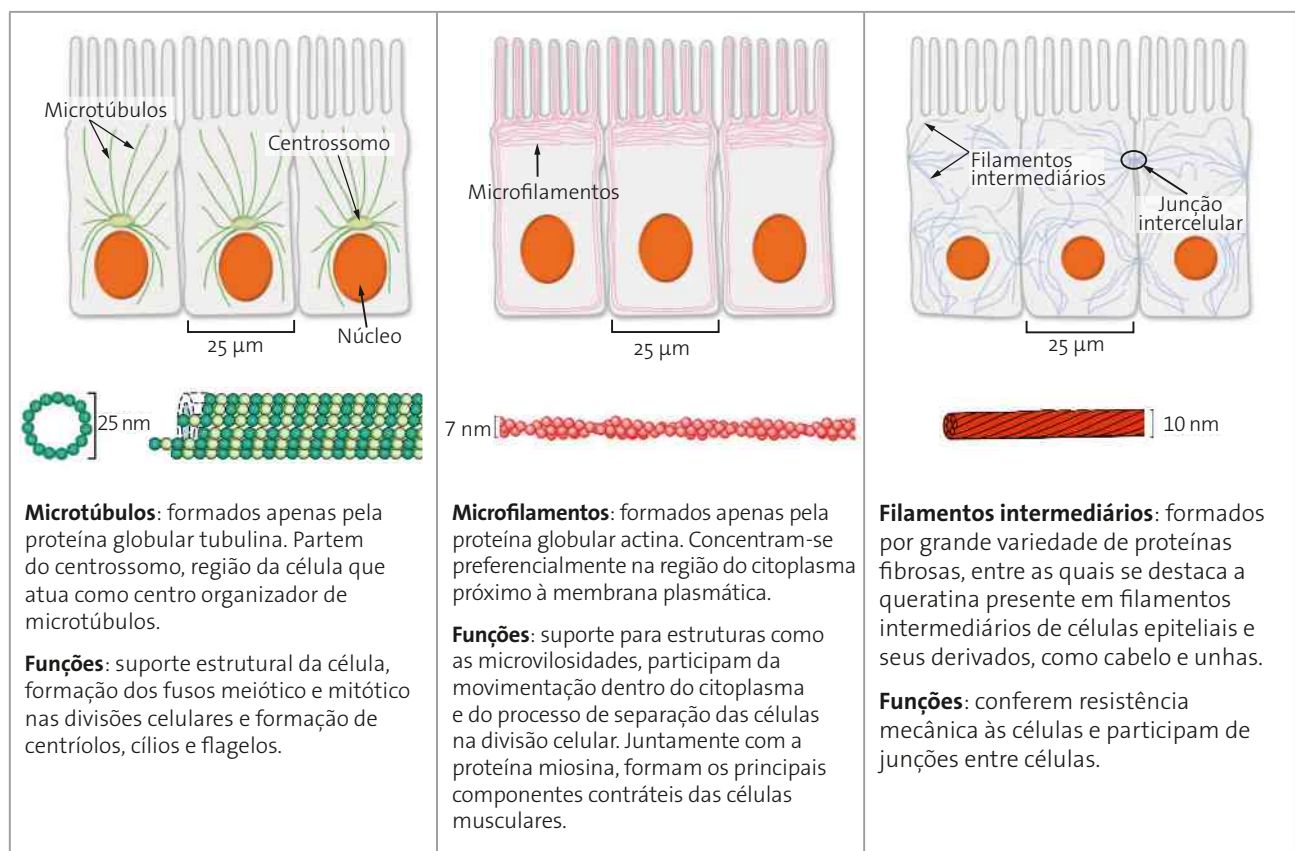
- sustentação e movimentos celulares, que são desempenhados pelo citoesqueleto, centríolos, cílios e flagelos;
- síntese, armazenamento e transporte de macromoléculas, funções em que as organelas envolvidas são os ribossomos, o retículo endoplasmático, o complexo golgiense, os lisossomos, os peroxissomos e os vacúolos;
- metabolismo energético das células, que corresponde aos processos de obtenção de energia (fotossíntese e quimiossíntese) e de liberação de energia (fermentação e respiração). Incluídos nesse tema estão o citosol, os cloroplastos e as mitocôndrias. Esses processos serão analisados com detalhes no próximo capítulo.

2. Citoesqueleto

A forma e a sustentação interna da célula eucariótica são dadas principalmente pelo citoesqueleto. Ele participa também dos movimentos citoplasmáticos (ciclose e movimento ameboide) e da formação das fibras responsáveis pela orientação e pelo deslocamento dos cromossomos na divisão celular (fusos mitótico e meiótico).

O **citoesqueleto eucariótico** é composto de três tipos de filamento proteico: os microtúbulos, os microfilamentos e os filamentos intermediários.

As características e funções desses filamentos estão resumidas na **figura 10.8**.



Ilustrações: Studio Caparroz

Figura 10.8. Esquemas de células evidenciando os filamentos proteicos. (Cores fantasia.)

As proteínas que compõem os filamentos do citoesqueleto podem se dispersar no citosol e depois se reorganizar em novos filamentos. Esse processo é responsável por alterações na configuração do citoesqueleto. Tais alterações podem originar movimentos citoplasmáticos relacionados não só com o deslocamento de estruturas dentro da célula (ciclose) (Fig. 10.9), como também com a formação de pseudópodes (*pseudo* = falso; *podes* = pé) usados na locomoção (Fig. 10.10) e na fagocitose.

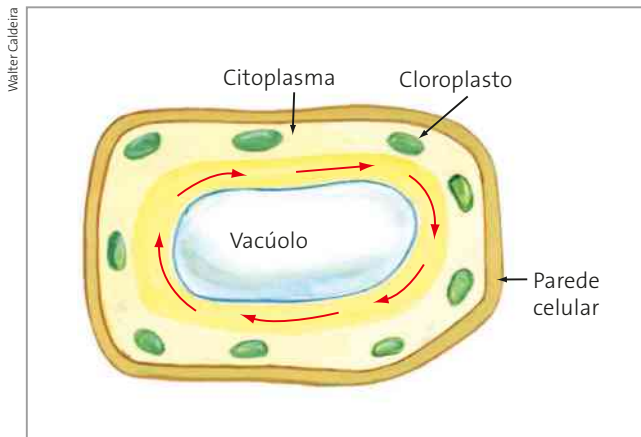


Figura 10.9. Esquema de célula vegetal em corte, com setas em vermelho indicando a ciclose. (Cores fantasia.)

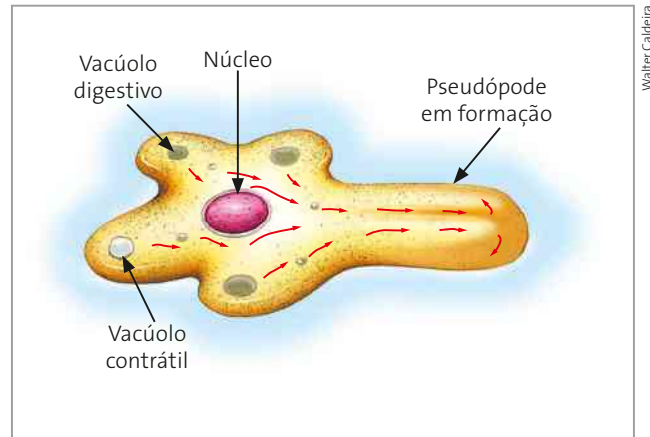


Figura 10.10. Esquema de formação de pseudópode em ameba. As setas em vermelho indicam o sentido das correntes citoplasmáticas. Estruturas celulares como núcleo e vacúolos são arrastadas por essas correntes. (Cores fantasia.)

3. Centríolos, cílios e flagelos

Os centríolos ocorrem aos pares nas células da maior parte dos seres vivos. Eles se dispõem perpendicularmente entre si e localizam-se próximos ao núcleo em uma região denominada **centro celular** ou **centrossomo**. Dessa região partem os microtúbulos do citoesqueleto.

Nas células que não têm centríolos, como as dos pinheiros e das angiospermas, há, no entanto, o centrossomo. Cada centríolo é uma estrutura cilíndrica, composta de nove grupos de três microtúbulos proteicos (Fig. 10.11).

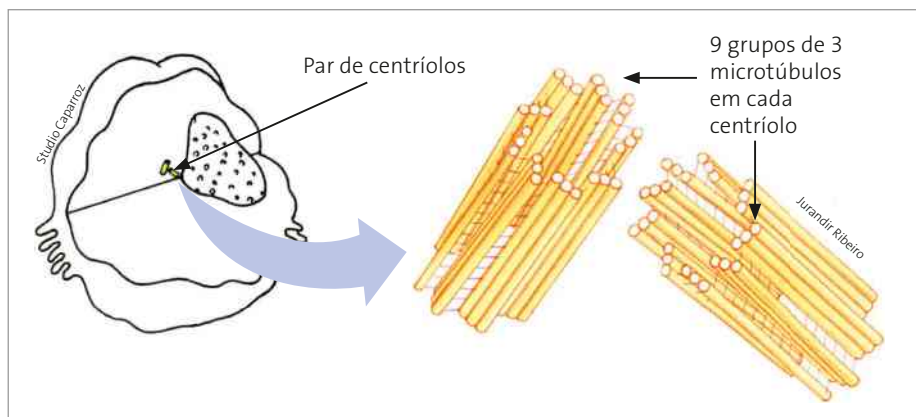


Figura 10.11. Esquema de célula animal com parte removida, destacando os centríolos. (Elementos representados em diferentes escalas. Cores fantasia.)

Centríolos alongados e modificados dão origem a duas estruturas celulares: os cílios e os flagelos.

Os cílios e os flagelos têm a mesma estrutura interna. Os cílios, no entanto, são mais curtos e mais numerosos por célula do que os flagelos.

Nos eucariontes unicelulares, os cílios e os flagelos têm a função básica de promover o deslocamento em meio líquido ou mesmo de promover a movimentação do líquido circundante, de modo a propiciar a obtenção de alimento.

A parte basal dessas estruturas é chamada **cinetossomo** ou **corpúsculo basal**, que tem a mesma estrutura do centríolo. Desse cinetossomo, dois microtúbulos proteicos, de cada grupo de três, alongam-se, empurrando a membrana plasmática. São formados, ainda, dois microtúbulos centrais. Portanto, os cílios e os flagelos são

compostos de nove grupos de dois microtúbulos periféricos e de um grupo de dois microtúbulos centrais (organização microtubular na base: $9 + 2$) (Fig. 10.12).

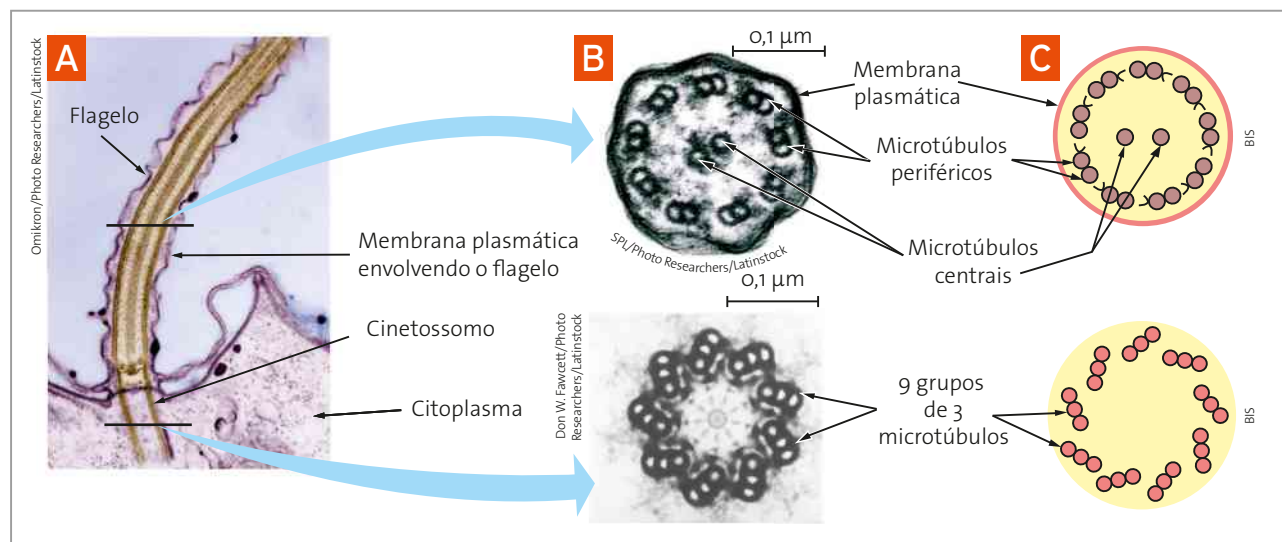


Figura 10.12. O flagelo e suas subunidades: **A** – Eletromicrografia de transmissão, colorida artificialmente, de um flagelo visto em corte longitudinal. Ampliação: 75 000 $\times$; **B** – Eletromicrografias de transmissão do flagelo e do corpúsculo basal em corte transversal; **C** – Esquemas da disposição dos microtúbulos proteicos vistos em cortes transversais. (Elementos representados em diferentes escalas. Cores fantasia).

4. Ribossomos

Os ribossomos participam do processo de síntese proteica. Eles são estruturas encontradas tanto em células procarióticas como em eucarióticas. São formados por duas partes arredondadas, com tamanhos diferentes, que se dispõem uma sobre a outra. Essas estruturas são constituídas basicamente por proteínas e por um tipo de ácido ribonucleico: o RNA ribossômico (rRNA).

Os ribossomos são individualmente visíveis apenas ao microscópio eletrônico. Nas células de eucariontes e de procariontes, eles ocorrem dispersos no citoplasma. Além disso, há ribossomos associados ao retículo endoplasmático granuloso (ou rugoso) e ao envelope nuclear de células eucarióticas (Fig. 10.13).

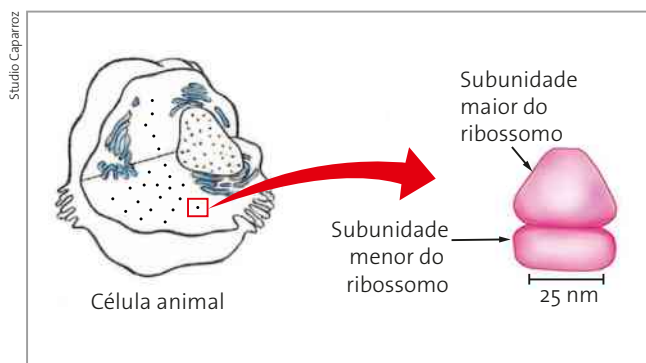


Figura 10.13. Esquema de célula animal com parte removida, destacando os ribossomos. (Elementos representados em diferentes escalas. Cores fantasia.)

Para a síntese de proteínas ocorrer, o ribossomo deve associar-se a uma molécula de outro tipo de ácido nucleico, o ácido ribonucleico mensageiro (RNAm), que contém a informação genética para a síntese de determinada proteína.

O ribossomo associa-se a esse RNAm e desloca-se sobre ele, traduzindo a sua informação. À medida que o ribossomo se desloca, a proteína vai sendo formada, associada à subunidade maior (Fig. 10.14).

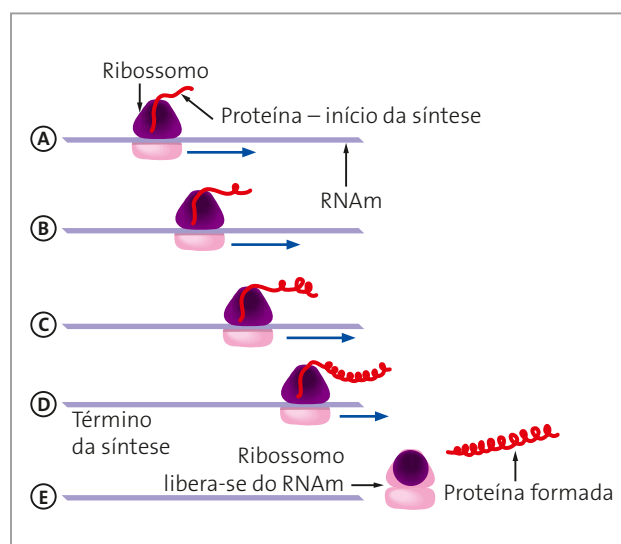


Figura 10.14. Esquema simplificado da síntese de proteínas, da qual participam os ribossomos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Desse processo participa também um terceiro tipo de ácido nucleico: o RNA transportador (**RNA_t**). Detalhes da síntese proteica serão discutidos no volume 3 desta coleção.

Na maioria das vezes, um mesmo RNAm é traduzido simultaneamente e em sequência por vários ribossomos. Nesse caso, fala-se em **polirribossomos** ou **polissomos** (vários ribossomos ligados a um mesmo RNAm). Assim, são formadas várias moléculas proteicas idênticas.

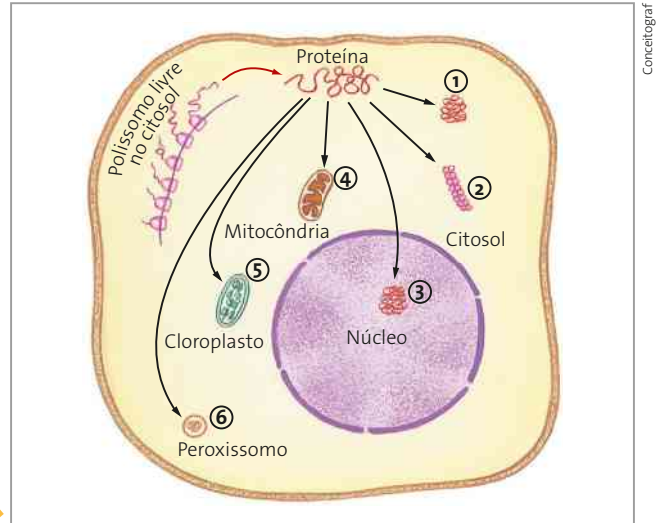
A síntese de proteínas pode ocorrer em polissomos livres no citosol ou em polissomos associados às membranas do retículo endoplasmático.

Figura 10.15. Esquema de uma célula vegetal hipotética mostrando possíveis destinos de proteínas sintetizadas por polissomos no citosol. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

1. enzima livre no citosol; 2. proteína que fará parte do citoesqueleto; 3. proteína nuclear (poderá fazer parte dos cromossomos); 4. enzimas que farão parte de etapas da respiração no interior da mitocôndria; 5. enzimas que farão parte de etapas da fotossíntese no interior do cloroplasto; 6. enzimas que serão armazenadas no interior do peroxissomo.

O destino das proteínas sintetizadas no citosol está resumido de forma esquemática na **figura 10.15**.

Quando os ribossomos estão associados ao retículo endoplasmático, as proteínas que eles produzem penetram diretamente no retículo. O destino dessas proteínas envolve transporte por meio de vesículas, como será discutido mais adiante nesse capítulo.



5. Peroxissomos

Os peroxissomos são organelas membranosas de contorno arredondado, cuja principal função é a oxidação na presença de O_2 de certas substâncias orgânicas nas células, em especial os ácidos graxos. Apesar de ser um processo benéfico para as células, ocorre a formação de um subproduto muito tóxico: o peróxido de hidrogênio (H_2O_2 , a água oxigenada).

Como é extremamente tóxico, esse composto deve ser degradado rapidamente. Sua decomposição é feita por uma enzima contida nos peroxissomos, denominada **catalase**, originando água e oxigênio.



Os peroxissomos podem atuar também na desintoxicação do organismo em relação a certas substâncias, como o etanol, presente em bebidas alcoólicas. Nesse caso, são os peroxissomos das células do fígado que atuam, pois contêm enzimas capazes de quebrar o etanol, originando produtos menos tóxicos.

Cerca de 25% do álcool ingerido é degradado pelos peroxissomos. O restante é degradado pelo retículo endoplasmático não granuloso (agranular ou liso).

As diversas enzimas contidas nos peroxissomos são produzidas por ribossomos livres no citosol e incorporadas a eles.



Colocando em foco

PEROXISSOMOS E DOENÇAS

Certas enzimas dos peroxissomos atuam como catalisadoras das primeiras reações envolvidas na síntese da classe mais abundante de fosfolípídios da bainha de mielina das células nervosas.

Essa bainha é responsável pelo bom funcionamento das células nervosas. Deficiências nessas enzimas e desordens que possam ocorrer nos peroxissomos levam a doenças neurológicas graves, como a adrenoleucodistrofia, doença que foi tema do filme *Óleo de Lorenzo*, produzido em 1992.

6. Retículo endoplasmático

O retículo endoplasmático é composto de canais delimitados por membranas. Esses canais comunicam-se com o envelope nuclear.

O retículo endoplasmático pode ser considerado uma rede de distribuição, levando o material de um ponto qualquer até o ponto de utilização. O retículo endoplasmático desempenha, portanto, importante papel no transporte de substâncias dentro da célula.

Existem dois tipos ou duas regiões (Fig. 10.16).

- retículo endoplasmático não granuloso (liso ou agranular), com sistemas de túbulos mais cilíndricos e sem ribossomos aderidos à membrana;
- retículo endoplasmático granuloso (granular ou rugoso), com sistemas de túbulos achatados e ribossomos aderidos à face da membrana voltada para o citosol, o que lhe confere aspecto granular.

O retículo **não granuloso** participa principalmente da síntese de esteroides, fosfolipídios e outros lipídios, como o colesterol. Assim como os peroxissomos, atua também na degradação do álcool ingerido em bebidas alcoólicas. É abundante em células do fígado e das gônadas.

A principal função do retículo **granuloso** é a síntese de proteínas, que poderão ou não ser enviadas para o exterior das células. Esse retículo é também denominado **ergastoplasma**, palavra originada do grego *ergozomai*, que significa elaborar, sintetizar.

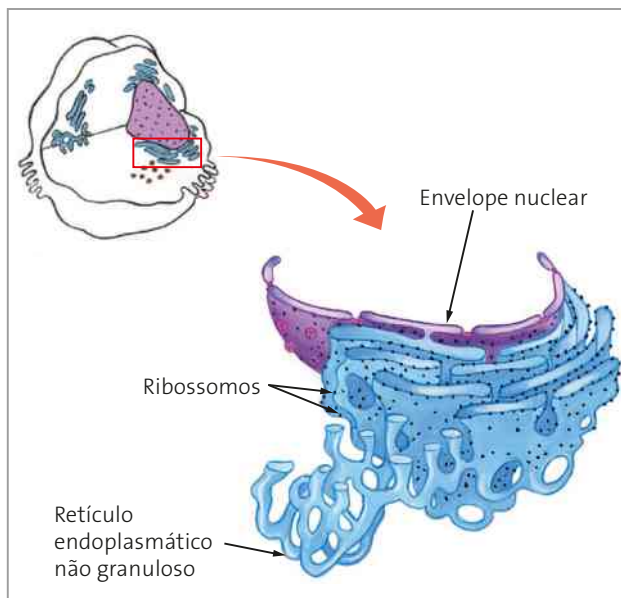


Figura 10.16. Esquema de célula animal com parte removida, destacando os retículos endoplasmáticos granuloso e não granuloso. (Elementos representados em diferentes escalas. Cores fantasia.)

É muito desenvolvido em células que têm função secretora, como as células do pâncreas (Fig. 10.17), que secretam enzimas digestivas e hormônios, e as células caliciformes da parede do intestino, que secretam muco (proteínas associadas a polissacarídeos).

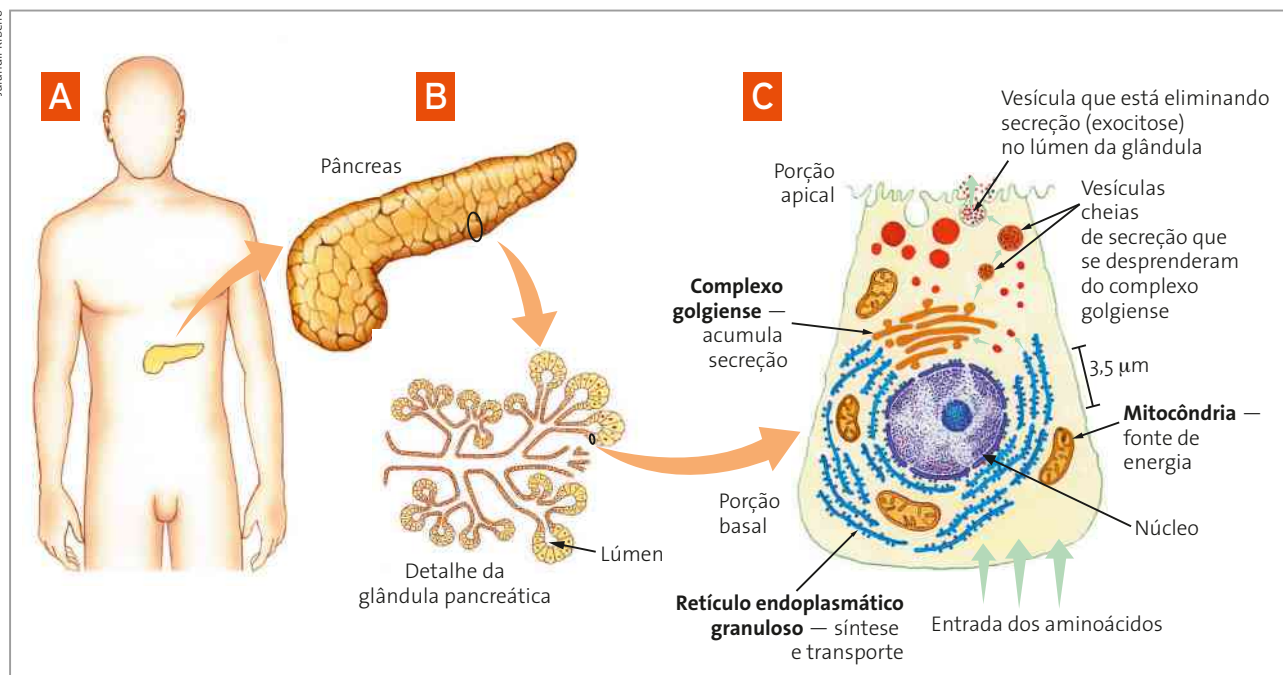
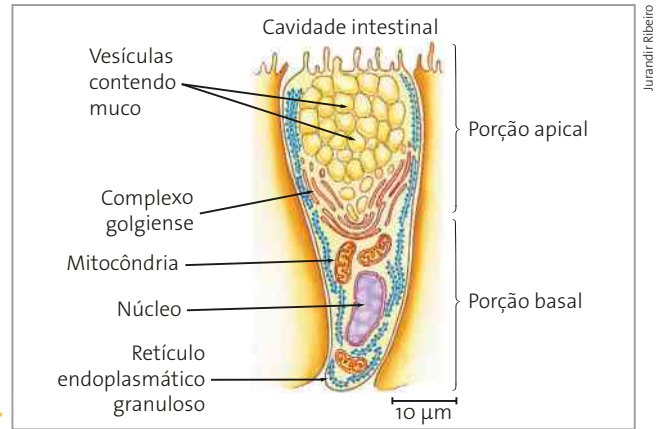


Figura 10.17. Esquemas mostrando a localização do pâncreas no ser humano (em A) e de corte longitudinal de uma porção da glândula pancreática, como é vista ao microscópio de luz (em B). No detalhe (C), esquema de uma célula pancreática feito com base em observações ao microscópio eletrônico. A célula mede cerca de 15 µm de largura. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Nesses tipos celulares, o núcleo e o retículo endoplasmático granuloso se dispõem na metade basal da célula. A porção apical apresenta principalmente vesículas secretoras, que eliminam seus conteúdos para fora da célula por exocitose (Fig. 10.18).

Figura 10.18. Esquema de corte longitudinal de uma célula glandular do epitélio intestinal feito com base em observação ao microscópio eletrônico. Essa célula é secretora de muco e chama-se glândula ou célula caliciforme. Pode ser encontrada em outras regiões do corpo, como é o caso do epitélio da traqueia. (Cores fantasia.)



Jurandir Ribeiro

Colocando em foco

O RETÍCULO ENDOPLASMÁTICO E A TOLERÂNCIA AO ÁLCOOL

Álcool, sedativos e outras drogas, quando ingeridos em excesso ou com frequência, induzem a proliferação do retículo não granuloso e de suas enzimas. Isso aumenta a tolerância do organismo à droga, o que significa que doses cada vez mais altas são necessárias para que ela tenha o mesmo efeito no organismo.

Esse é um alerta importante para que possamos entender parte dos problemas decorrentes da ingestão de bebidas alcoólicas e do uso de medicamentos sem prescrição médica.

7. Complexo golgiense

Em 1898, o citologista italiano Camillo Golgi descreveu uma região do citoplasma que ficava corada por sais de ósmio e de prata. Ele supôs que ali deveria haver uma estrutura diferenciada, que foi posteriormente confirmada por microscopia eletrônica e denominada complexo golgiense em homenagem ao cientista.

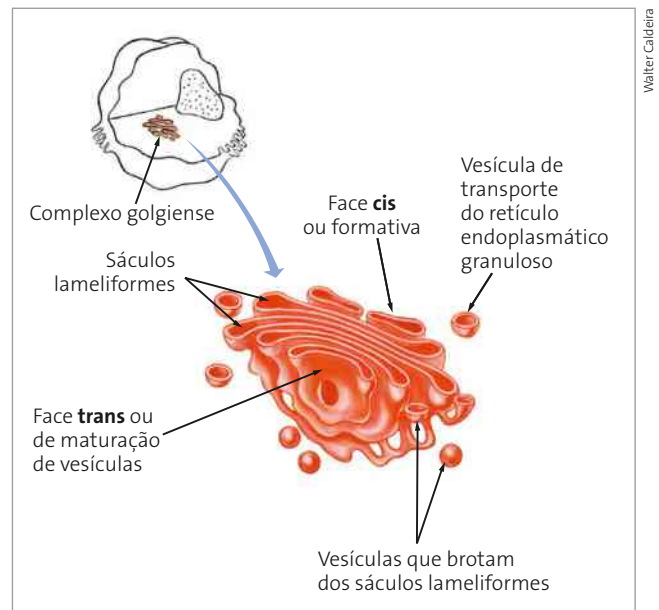
Nas células animais, o complexo golgiense normalmente localiza-se próximo ao núcleo e ao retículo endoplasmático granuloso (Fig. 10.19) e é composto de vários conjuntos de sáculos lameliformes (cisternas), que formam um número variável de pilhas. Cada pilha recebe o nome de **dictiossomo** ou **golgiossomo**.

Nas ilustrações de células, é comum representar um dictiossomo identificando-o como complexo golgiense.

Assim como o retículo endoplasmático granuloso, o complexo golgiense é mais abundante nas células animais com função secretora. Sua função, entretanto, não está ligada à produção das secreções proteicas, mas sim à concentração, modificação e eliminação dessas secreções. Os sáculos lameliformes apresentam duas faces distintas:

- face **cis** ou formativa: voltada para o retículo endoplasmático granuloso; corresponde à face à qual vesículas desprendidas do retículo e contendo proteínas e lipídios nele sintetizados se unem, liberando essas substâncias para dentro dos sáculos lameliformes;

- face **trans** ou de maturação: voltada para a membrana plasmática; corresponde à face de onde se desprendem vesículas contendo substâncias processadas nos sáculos lameliformes.



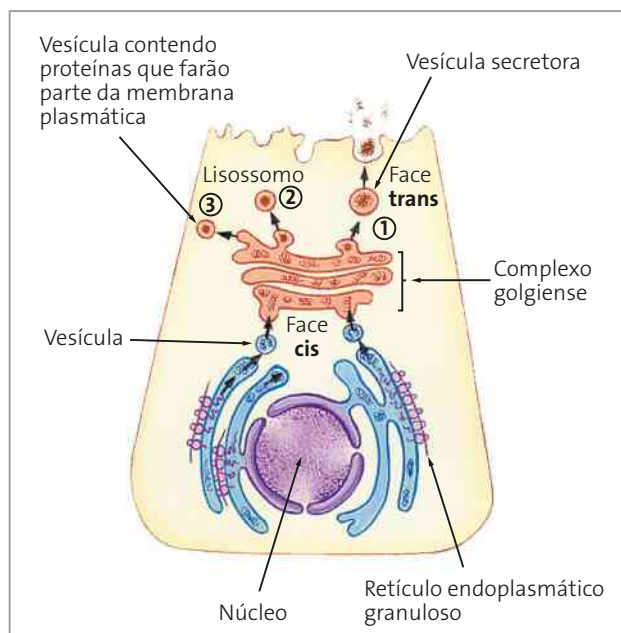
Walter Caldeira

Figura 10.19. Esquema de célula animal com parte removida, destacando o complexo golgiense em corte. (Elementos representados em diferentes escalas. Cores fantasia.)

As vesículas que saem dos sáculos lameliformes podem seguir três caminhos principais, dependendo de seus conteúdos. Acompanhe o processo na **figura 10.20** e em sua legenda.

Figura 10.20. Esquema mostrando os destinos das vesículas que brotam do retículo endoplasmático e do complexo golgiense.

1. Vesículas contendo secreções celulares fundem-se à membrana plasmática e lançam seus conteúdos para fora da célula (exocitose). É o caso das enzimas digestivas produzidas e eliminadas por células do sistema digestório; ocorre também com o muco que reveste e lubrifica epitélios que envolvem cavidades internas do corpo humano. **2.** Vesículas com enzimas que atuarão na digestão intracelular permanecem no interior da célula, correspondendo aos lisossomos primários. **3.** Vesículas contendo proteínas que farão parte da membrana plasmática fundem-se a essa membrana, incorporando nela as proteínas contidas nas vesículas. Na membrana plasmática também existem proteínas produzidas nos polissomos do citosol. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.) >



Nos sáculos lameliformes são formados muitos dos polissacarídeos, como a hemicelulose, presente na parede celular das células vegetais, a pectina, presente na lamela média dessas células, e as glicosaminoglicanas, que se encontram na matriz extracelular dos tecidos animais.

Nos espermatozoides, o complexo golgiense dá origem a uma estrutura denominada **acrossomo**, que contém enzimas importantes para a penetração do espermatozoide no óvulo (Fig. 10.21).

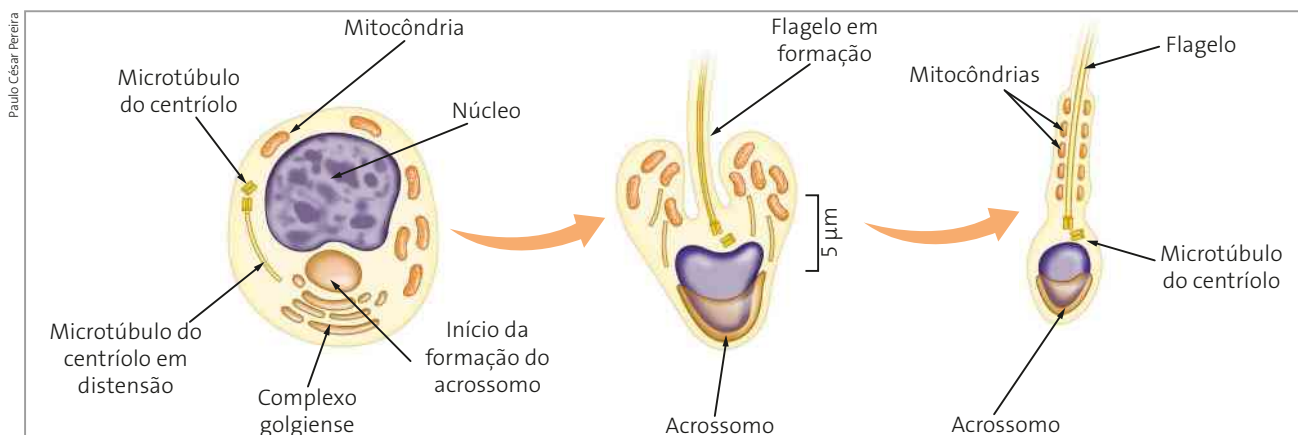


Figura 10.21. Esquema da diferenciação do espermatozoide, com detalhe para a formação do acrossomo. (Cores fantasia.)

8. Lisossomos

Os lisossomos (do grego: *lysis* = dissolução, quebra; *soma* = corpo) são pequenas vesículas membranosas arredondadas que contêm grande quantidade de enzimas responsáveis pela digestão intracelular. Devido a isso, os lisossomos estão ligados às funções heterofágica e autofágica.

8.1. Função heterofágica

As partículas alimentares que penetram na célula por fagocitose ou pinocitose ficam no interior de vacúolos alimentares (fagossomos ou pinossomos). A esses vacúolos se fundem os lisossomos primários, formando vacúolos digestivos (ou lisossomos secundários). Nestes ocorre a digestão. Havendo resíduos, eles são temporariamente armazenados no interior dessas estruturas, que passam a ser chamadas vacúolos ou corpos residuais. Em seguida, os resíduos podem ser eliminados da célula por exocitose (Fig. 10.22).

8.2. Função autofágica

Em muitas células normais, a função autofágica ocorre por um processo de digestão de estruturas citoplasmáticas que não estão mais realizando suas funções, o que contribui para a renovação do material citoplasmático (Fig. 10.22).

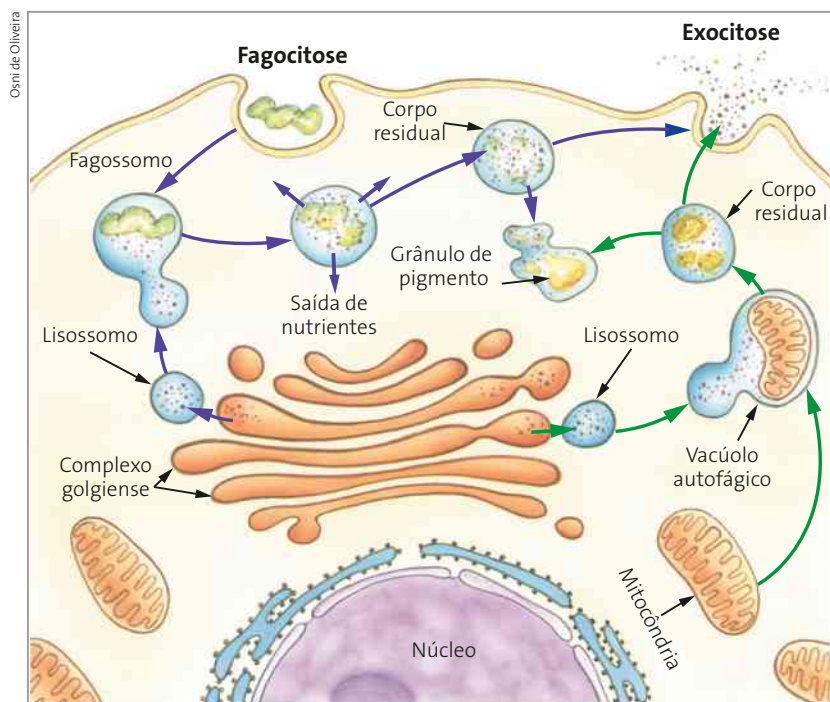


Figura 10.22. Esquema com resumo das funções autofágica (setas verdes) e heterofágica (setas azuis) dos lisossomos. Depois que o processo de digestão se completa, forma-se o corpo residual. Dependendo do tipo de célula, o conteúdo do corpo residual pode ser eliminado por exocitose ou pode ser retido indefinidamente no citoplasma como um grânulo de pigmento. Esses grânulos aumentam em número à medida que o organismo envelhece. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Colocando em foco

LISOSSOMOS E DOENÇAS HUMANAS

Silicose

Sob certas condições anômalas ou patológicas, a membrana do lisossomo pode perder sua estabilidade, romper-se e liberar as enzimas no interior da célula, destruindo-a.

Isso ocorre, por exemplo, em uma doença denominada silicose, frequente em indivíduos que trabalham em minas ou com britadeiras, sem equipamentos de proteção adequados. Nesses casos há inspiração de grande quantidade de pó de sílica, um dos principais componentes das rochas. Nos pulmões, células especiais de defesa (macrófagos) fagocitam os cristais e são destruídas devido ao efeito da sílica, que acarreta a ruptura dos lisossomos. As enzimas liberadas afetam outras células do pulmão, levando à formação de um tecido de cicatrização fibroso. Com isso, há diminuição da capacidade pulmonar.

Artrite reumatoide

A liberação de enzimas dos lisossomos para fora da célula também ocorre em certas doenças inflamatórias – como a artrite reumatoide –, nas quais se acredita haver liberação dessas enzimas para o espaço extracelular, causando deterioração dos materiais que formam as articulações.

Doença de Tay-Sachs

A doença de Tay-Sachs é hereditária e decorre principalmente do mau funcionamento das enzimas dos lisossomos das células nervosas do cérebro. Essa deficiência provoca lesões graves e irreversíveis, determinando retardo mental e morte ainda na infância.

A autofagia é também responsável pela transformação de um tipo celular em outro. É o que ocorre no processo de formação das hemácias (ou **eritrócitos**), células desprovidas de núcleo e de organelas, mas que se originam de **eritroblastos** — células da medula óssea vermelha que apresentam essas es-

truturas. Nesse processo de transformação, o núcleo é eliminado da célula e os lisossomos dos eritroblastos digerem, por autofagia, as estruturas citoplasmáticas, eliminando os resíduos por exocitose (Fig. 10.23). Formam-se, então, as hemácias, que penetram na corrente sanguínea.

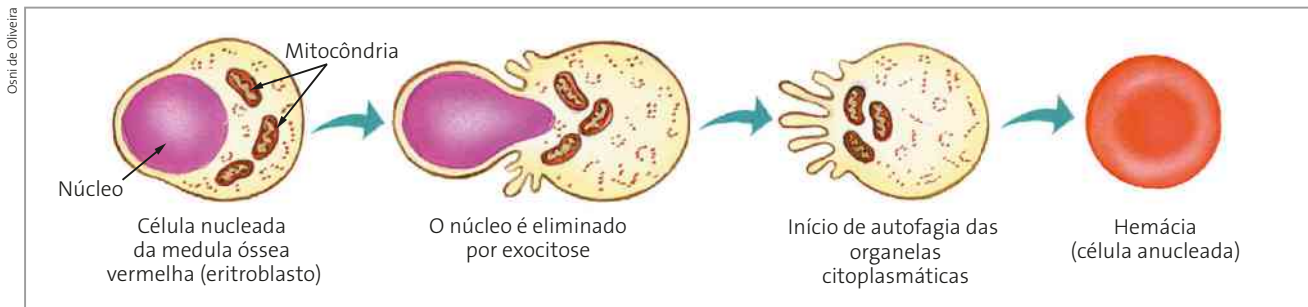


Figura 10.23. Esquema das modificações sofridas por células que darão origem às hemácias (glóbulos vermelhos do sangue), que são células anucleadas. Uma hemácia mede cerca de 7 μm de diâmetro. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

9. Vacúolo de suco celular

O vacúolo de suco celular ou vacúolo central é delimitado por uma membrana lipoproteica chamada **tonoplasto**. Essa organela é exclusiva das células de plantas e de certas algas e fungos. Nas células jovens de plantas, os vacúolos são numerosos e pequenos, e, à medida que a célula cresce, eles se fundem em um único, grande e bem desenvolvido vacúolo central.

No interior do vacúolo há uma solução aquosa de várias substâncias, destacando-se sais, carboidratos e proteínas. Os vacúolos de suco celular são importantes

nos fenômenos osmóticos e, quando contêm pigmentos, como as antocianinas, são os principais responsáveis pela coloração azul, violeta, vermelha e púrpura de flores e folhas.

A cor das folhas depende também dos pigmentos presentes nos cloroplastos, que contêm principalmente o pigmento clorofila (verde), e nos cromoplastos, que contêm outros tipos de pigmento. O vacúolo contém enzimas que digerem organelas senescentes, atuando de modo semelhante aos lisossomos de células animais no processo de autofagia.

10. Vacúolo pulsátil

Acabamos de comentar a respeito do vacúolo das plantas e já citamos outros tipos de estruturas que também podem ser chamadas de vacúolos: aquelas relacionadas aos processos de digestão na célula. Agora vamos falar de um tipo muito especial de vacúolo: o **vacúolo pulsátil** ou **contrátil**. Eles ocorrem em alguns seres unicelulares eucariontes, como paramécios e amebas, que vivem em um meio cuja concentração é menor do que a do interior da célula. Com isso, muita água penetra em seus corpos por osmose.

Os vacúolos pulsáteis recolhem do interior da célula a água que entrou em excesso. Quando cheios, eles descarregam essa água para fora da célula através de pequenos orifícios.

A forma dos vacúolos e o número deles por célula variam nos diferentes grupos de protistas. Veja na fotomicrografia abaixo como são, por exemplo, os vacúolos contráteis de um paramécio (Fig. 10.24).

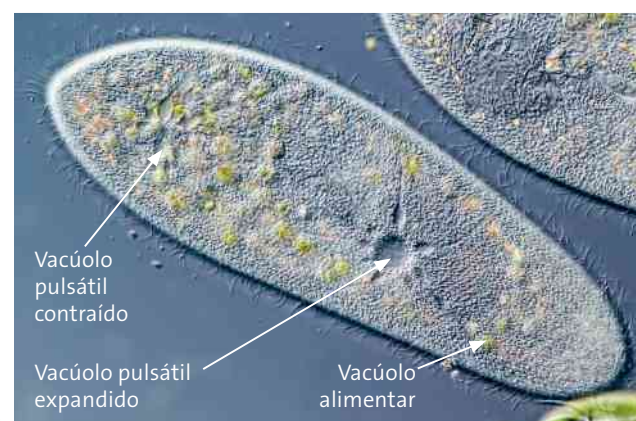


Figura 10.24. Fotomicrografia de *Paramecium caudatum*. Mede cerca de 300 μm de comprimento.

11. Plastos

Os plastos são estruturas encontradas somente em células de plantas e de alguns protistas e podem ser classificados em três tipos:

- cromoplastos (do grego: *chrôma* = cor) — contêm como pigmentos os carotenoides, mas não clorofila; não realizam fotossíntese e são responsáveis pela coloração amarelada, alaranjada e avermelhada de flores, folhas velhas, alguns frutos e raízes;
- leucoplastos (do grego: *leukós* = branco) — são incolores, pois não contêm pigmentos. Alguns arma-

zenam amido (**amiloplastos**), outros armazenam óleos e proteínas;

- cloroplastos — contêm os pigmentos clorofila e carotenoides. Neles deteremos a nossa atenção.

Os cloroplastos são organelas importantes que participam do processo da fotossíntese. Existem cloroplastos de diversas formas e em número variável por célula.

Os cloroplastos das células de plantas, quando examinados em cortes ao microscópio eletrônico, mostram-se formados por três componentes principais: o envelope, os tilacoides e o estroma (Fig. 10.25).

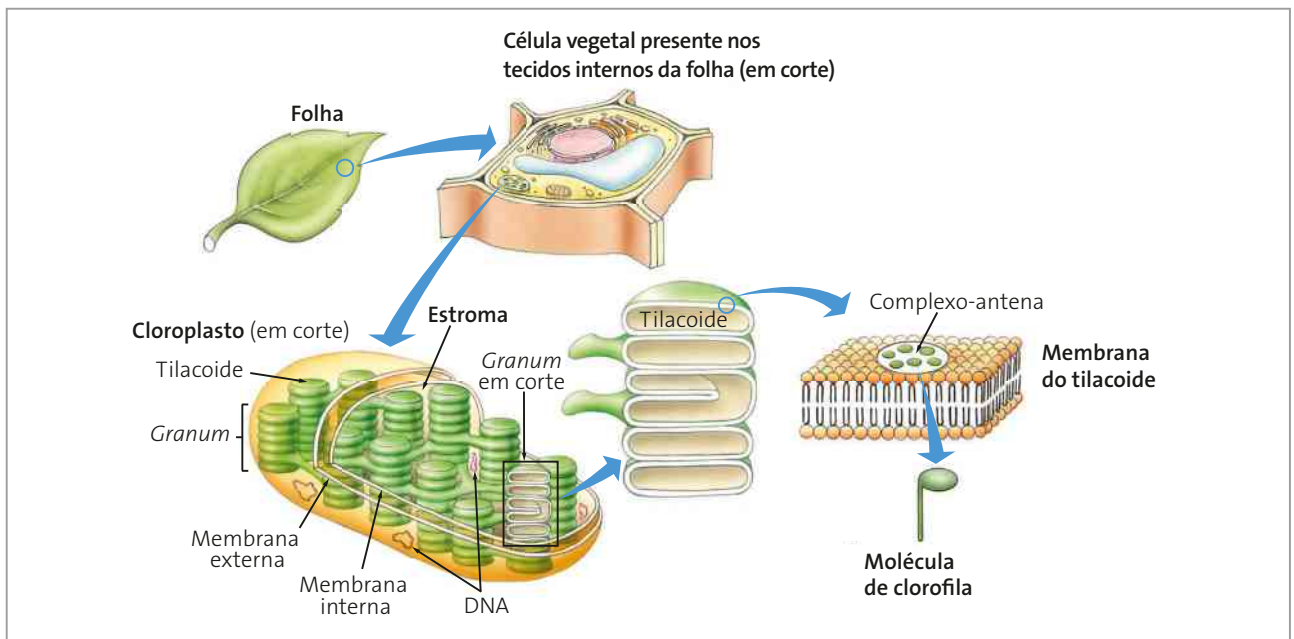


Figura 10.25. Esquemas de folha, célula vegetal e cloroplasto com suas estruturas internas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

O **envelope** delimita o cloroplasto e é formado por duas membranas: uma externa e outra interna.

Os **tilacoides** são vesículas que contêm as moléculas de clorofila. Essas moléculas organizam-se em conjuntos chamados complexo-antena, que captam a energia luminosa. Os tilacoides organizam-se formando estruturas semelhantes a pilhas de moedas. Cada pilha recebe o nome de *granum*, e o conjunto delas recebe o nome de *grana*. As diversas pilhas podem comunicar-se entre si.

O **estroma** corresponde à região do cloroplasto entre o envelope e os tilacoides. No estroma há ribossomos, DNA e RNA relacionados com a síntese de algumas das proteínas dos cloroplastos. Muitas outras são sintetizadas no citosol e depois incorporadas ao cloroplasto. Os cloroplastos, assim como as mitocôndrias, têm a capacidade de se duplicar independentemente da célula.

12. Mitocôndrias

As mitocôndrias são organelas responsáveis pela respiração celular aeróbia.

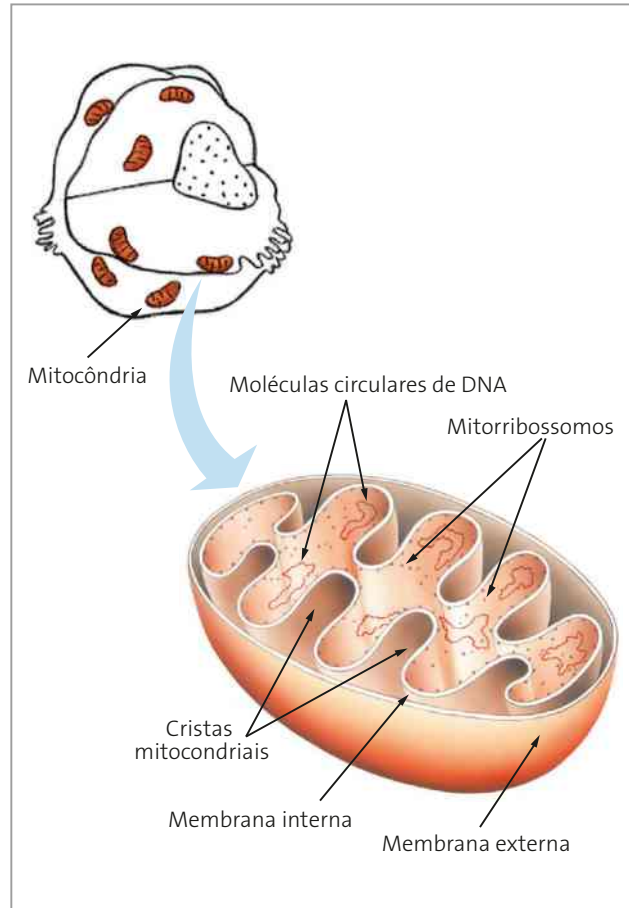
O conjunto das mitocôndrias de uma célula recebe o nome de condrioma. O número de mitocôndrias que constituem o condrioma é bastante variável entre as células de um mesmo indivíduo, sendo maior nas que têm maior atividade metabólica.

Em geral, a mitocôndria apresenta a forma de um bastonete. É formada por duas membranas lipoproteicas: uma externa, lisa, e outra interna, que apresenta invaginações, formando as **cristas mitocondriais** (Fig. 10.26).

A membrana interna delimita a **matriz mitocondrial**, rica em enzimas que participam de etapas da respiração celular. Imersos nessa matriz também podem ser encontrados: grânulos densos, que representam principalmente acúmulos de íons cálcio e magnésio; ribossomos chamados mitorribossomos, menores que os ribossomos citoplasmáticos; e moléculas de DNA e RNA.

Geralmente, as células do corpo dos animais contêm mitocôndrias herdadas apenas da mãe, como ocorre na espécie humana. O gameta feminino e o masculino possuem mitocôndrias, mas, assim que ocorre a fecundação e se forma a célula-ovo, as mitocôndrias provenientes do gameta masculino degeneram; apenas as mitocôndrias do gameta feminino permanecem na célula. Assim, as mitocôndrias são herdadas da mãe, e não do pai, e essa informação tem sido usada em testes para identificar a maternidade de pessoas.

Figura 10.26. Esquema de célula animal com parte removida, destacando a mitocôndria, em corte transversal. (Elementos representados em diferentes escalas. Cores fantasia.)



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO



Construindo modelos de estrutura celular

O objetivo desta atividade é fazer com que você, juntamente com seu grupo de estudo, monte modelos tridimensionais de células vistas em corte espesso, evidenciando suas estruturas internas.

Esses modelos, depois de prontos, podem acompanhá-los durante todo o estudo do tema biologia celular. Isso facilitará a compreensão dos diferentes assuntos ligados às células, além de permitir que se recorde do que já foi estudado. A construção de modelos requer habilidade manual e criatividade na escolha dos materiais, além, é claro, de conhecimento sobre os diferentes tipos de célula a representar.

Conte com seus conhecimentos na área de Arte. Além disso, a construção desses modelos vai requerer conhecimentos de Matemática, pois deverão ser feitos cálculos de proporções das estruturas.

Este é um bom exemplo de interdisciplinaridade, pois Biologia, Arte e Matemática estão em interação.

Listamos a seguir quatro propostas, entre as quais seu grupo deverá trabalhar com uma. Para a elaboração dos modelos, procurem informações não apenas neste livro, mas também em outras fontes confiáveis de consulta.

As propostas são:

- **Proposta 1:** representar uma bactéria não fotossintetizante e uma bactéria fotossintetizante do grupo das cianobactérias.
- **Proposta 2:** representar um leucócito e uma hemácia.
- **Proposta 3:** representar uma célula animal genérica, sem especificar o tecido ao qual pertence.
- **Proposta 4:** representar uma célula vegetal genérica, sem especificar o tecido ao qual pertence.

Uma vez estabelecida a proposta a ser trabalhada, vocês deverão considerar o seguinte:

1. Em grupo, pesquisem como são as células da proposta escolhida, suas funções, tamanho real e estruturas que elas contêm. Com as medidas, calculem a ampliação adequada ao seu modelo, tomando cuidado para manter as proporções reais entre as estruturas.
2. Planeje, com seu grupo, como será a montagem. Vocês deverão fazer uma lista dos elementos que serão incluídos e dos materiais que serão usados para representá-los. Por exemplo: massa de modelar, grãos de feijão (simulando mitocôndrias, por exemplo), miçangas, macarrão, linhas e outros materiais.
3. Após a construção do modelo, seu grupo deve apresentá-lo para os demais colegas de classe, explicando o tipo de célula representado, cada estrutura celular e sua respectiva função. Analise, com seu grupo, a necessidade de aprimoramento do modelo.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Retomando

Agora que você conhece melhor algumas das estruturas e dos processos que ocorrem no interior das células, retome suas respostas às questões da seção **Pense nisso** e reescreva-as. Para retomar sua resposta à terceira questão, você poderá elaborar uma tabela com as principais diferenças entre células animais e células vegetais, ambas eucarióticas. Depois, elabore outra tabela com as diferenças entre as células eucarióticas e as células procarióticas, como é o caso das bactérias.



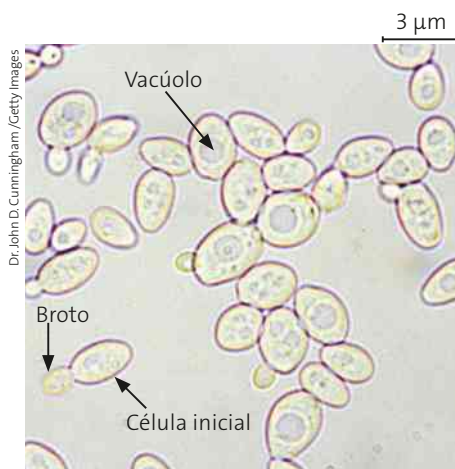
Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO

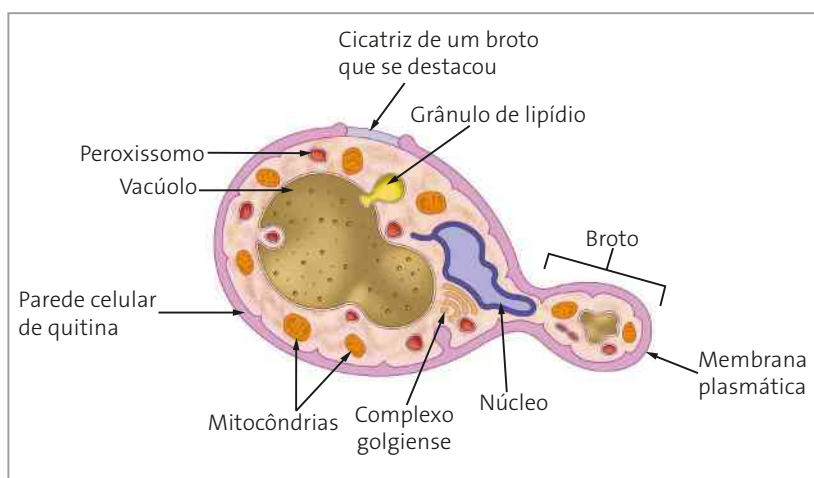


Atividade 1 Explorando figuras e comparando células Habilidades do Enem: H13, H16, H28.

Vamos supor que um professor tenha decidido apresentar um organismo eucarionte unicelular muito conhecido, o fungo da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, para seus estudantes. Assim, preparou um material com fermento biológico e o mostrou para os estudantes ao microscópio de luz. Abaixo são apresentados uma fotomicrografia do que os estudantes observaram e um esquema representando a estrutura da célula desse fungo, feito com base em observações ao microscópio eletrônico de transmissão.



- ▲ Fotomicrografia de células de *Saccharomyces cerevisiae*. Algumas delas estão em processo de reprodução assexuada por brotamento. O broto é menor que a célula inicial.



- ▲ Esquema de célula de levedura em início de brotamento, feito com base em observações ao microscópio eletrônico de transmissão. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Com base no que você estudou, faça uma tabela em seu caderno comparando as células desse fungo com as de bactérias, as de plantas angiospermas e as de animais quanto aos seus componentes e estrutura. Inclua também a composição química da parede celular nos casos em que ela ocorre. O vacúolo dessas células contém enzimas que digerem seus componentes desgastados, além de exercer a função de reserva de substâncias. Essas funções do vacúolo assemelham-se às do vacúolo das plantas.

Atividade 2 Realizando e interpretando experimento Habilidades do Enem: H14, H28.

Normalmente, todas as células produzem compostos tóxicos como resíduos de determinadas reações químicas, caso da água oxigenada, que é um resíduo da respiração celular bastante tóxico para as células. Elas não morrem porque existem enzimas que aceleram reações químicas degradando essas substâncias. No caso da água oxigenada (H_2O_2), a enzima envolvida é a catalase, que a transforma em água e oxigênio livre.

Vamos testar alguns tecidos animais e vegetais para verificar a presença de catalase.

Material

- 2 pedaços iguais (cerca de 1 cm de diâmetro) de fígado bovino fresco;
- 1 frasco de água oxigenada (10 volumes);
- 2 cubos de 1 cm² de batata-inglesa;
- 5 tubos de ensaio (podem ser substituídos por pequenos potes de vidro);
- 1 pipeta ou conta-gotas graduado;
- 1 pinça;
- material para etiquetar os tubos;
- colher.

Procedimento

1. Coloque, com o auxílio da pinça, um dos pedaços de fígado no tubo de ensaio. O outro pedaço deve ser esmagado com uma colher e colocado no segundo tubo de ensaio. Identifique os tubos com etiquetas.
2. Com o auxílio da pinça, coloque um dos pedaços de batata no terceiro tubo de ensaio. O outro pedaço deve ser picado e colocado no quarto tubo. Identifique-os com etiquetas.
3. Os quatro tubos, devidamente etiquetados, devem receber 10 mL de água oxigenada cada um, com o auxílio da pipeta ou do conta-gotas.
4. O quinto tubo de ensaio deve receber apenas 10 mL de água oxigenada e nenhum outro material. Esse será o controle do experimento.
5. Observe o que acontece em cada tubo de ensaio e anote os resultados, organizando uma tabela. Você deve verificar se há formação de bolhas e em que quantidade (muito ou pouco) elas são formadas. Observe como são essas bolhas e toque a superfície externa do tubo, constatando se houve variação da temperatura.
6. Opcional: faça o teste utilizando também outros materiais, como um pedaço de maçã ou um pedaço de carne de frango.

Interpretação dos resultados

- a) Em qual(is) tubo(s) houve formação de bolhas?
- b) Houve diferenças na quantidade de bolhas entre os tubos 1 e 2 e entre 3 e 4? Explique.
- c) As bolhas são formadas pela liberação de um gás. Que gás é esse? Como ele foi formado?
- d) Pelos resultados que você observou, foi possível concluir que a reação estimulada pela catalase consome ou libera energia? Por quê?

- d) cloroplastos e a ocorrência da respiração celular, processo que depende de água, gás carbônico e nitrogênio.
- e) parede celular e a ocorrência da respiração celular, processo que depende de água, oxigênio e luz.
5. (UFC-CE) Que processo, provavelmente, estaria ocorrendo em grande extensão, em células cuja membrana celular apresentasse microvilosidades?
- a) Detoxificação de drogas. d) Catabolismo.
- b) Secreção de esteroides. x e) Absorção.
- c) Síntese de proteínas.
6. (UFJF-MG) O uso de álcool e outras drogas pode provocar o aumento do tamanho do retículo endoplasmático liso das células do fígado. Isso é consequência do aumento:
- a) da síntese de lipídios por essa organela.
- b) do transporte de prótons para o interior da organela.
- c) do processo de autofagia mitocondrial.
- x d) de enzimas degradadoras nessa organela.
- e) do processo de extrusão de resíduos.
7. (Fuvest-SP) O retículo endoplasmático e o complexo de Golgi são organelas celulares cujas funções estão relacionadas. O complexo de Golgi
- x a) recebe proteínas sintetizadas no retículo endoplasmático.
- b) envia proteínas nele sintetizadas para o retículo endoplasmático.
- c) recebe polissacarídeos sintetizados no retículo endoplasmático.
- d) envia polissacarídeos nele sintetizados para o retículo endoplasmático.
- e) recebe monossacarídeos sintetizados no retículo endoplasmático e para ele envia polissacarídeos.
8. (UFPE-PE) As organelas citoplasmáticas desempenham nas células importantes funções. Das associações abaixo, uma é incorreta. Assinale-a.
- a) O retículo endoplasmático liso atua na degradação do álcool ingerido em bebidas alcoólicas; essa organela é abundante em células do fígado.
- b) O complexo de Golgi é mais desenvolvido em células secretoras e é responsável pela modificação e eliminação de secreções.
- c) Os lisossomos exercem função autofágica, contribuindo para a renovação do material citoplasmático.
- d) O retículo endoplasmático rugoso é muito desenvolvido em células com função secretora,

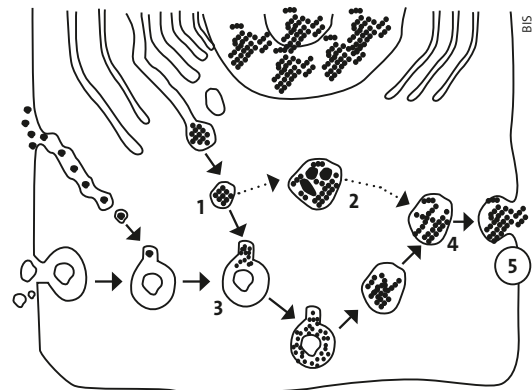
como, por exemplo, em células do pâncreas e em células caliciformes intestinais.

- x e) Os peroxissomos atuam sobre os lipídios, convertendo-os em açúcares, processo fundamental para a construção da membrana plasmática.

9. (FGV-SP) O pâncreas é uma glândula anfícina, ou seja, com dupla função, desempenhando um papel junto ao sistema digestório na produção de enzimas, tais como amilases e lipases, e também junto ao sistema endócrino, na produção de hormônios, tais como a insulina e o glucagon. Tendo em vista a composição bioquímica desses catalisadores pancreáticos, as organelas citoplasmáticas membranosas envolvidas diretamente na produção e no armazenamento dessas substâncias são, respectivamente, o:

- x a) retículo endoplasmático rugoso e o complexo golgiense.
- b) retículo endoplasmático liso e o lisossomo.
- c) ribossomo e o retículo endoplasmático rugoso.
- d) complexo golgiense e o lisossomo.
- e) lisossomo e o vacúolo digestivo.

10. (UFPE-PE) Como mostrado na figura a seguir, substâncias capturadas do meio externo, assim como partes componentes da própria célula, sofrem digestão intracelular. Com relação aos processos ilustrados, assinale a alternativa **incorreta**.



- a) Os lisossomos (1) são pequenas vesículas que contêm enzimas responsáveis pela digestão intracelular.
- b) A autofagia (2) pode representar um meio de reciclagem do material celular.
- c) Os vacúolos digestivos (3) originam-se da fusão de lisossomos com fagossomos ou pinossomos.
- x d) Os vacúolos residuais (4) são bolsas membranosas onde se processa a digestão autofágica.
- e) Clasmocitose (5) é o processo de eliminação de resíduos resultantes da digestão intracelular para o exterior da célula.

Metabolismo energético



Luciano Candisani

Figura 11.1. Sabemos que o Sol é a fonte direta e indireta de energia para a maioria das formas de vida do planeta. Praticamente todo o oxigênio necessário para a respiração celular deriva da fotossíntese, processo que está em primeiro plano para a manutenção da vida na Terra. Plantas realizam também a respiração celular, do mesmo modo que os animais. É nas células dos seres vivos que se dá o metabolismo energético. Observando a perereca sobre a folha jovem de uma samambaia, nesta fotografia, podemos não perceber a dependência do animal em relação à planta; no entanto, ele precisa dos produtos da fotossíntese para viver. A perereca da fotografia tem cerca de 1,5 cm de comprimento.



Pense nisso

- Existe uma crença popular de que as pessoas não devem dormir em quartos com plantas, pois há o risco de asfixia. Você acredita que isso possa acontecer? Por quê?
- É comum ouvirmos dizer que não podemos usar roupas impermeáveis por muito tempo porque nossa pele precisa respirar. Você concorda? Qual é seu conceito de respiração? Justifique sua resposta.
- A respiração é o único processo do metabolismo energético que ocorre na espécie humana? Justifique sua resposta.
- Responda usando exemplos: Ocorrem reações químicas nas células de uma planta? E nas de um animal? E em uma bactéria? Onde? Por quê?

1. Reações químicas, acoplamento de reações e ATP

As noções que serão abordadas aqui envolvem conceitos da área de Química, o que evidencia a importância da visão interdisciplinar do conhecimento.

Já vimos em outros capítulos a importância da síntese e da degradação de moléculas orgânicas para a manutenção da vida. Nesses processos ocorre transformação de energia, e o conjunto das atividades metabólicas das células relacionadas com essas funções é chamado metabolismo energético.

Nas reações químicas, os reagentes interagem uns com os outros e se transformam em produtos (Fig. 11.2).

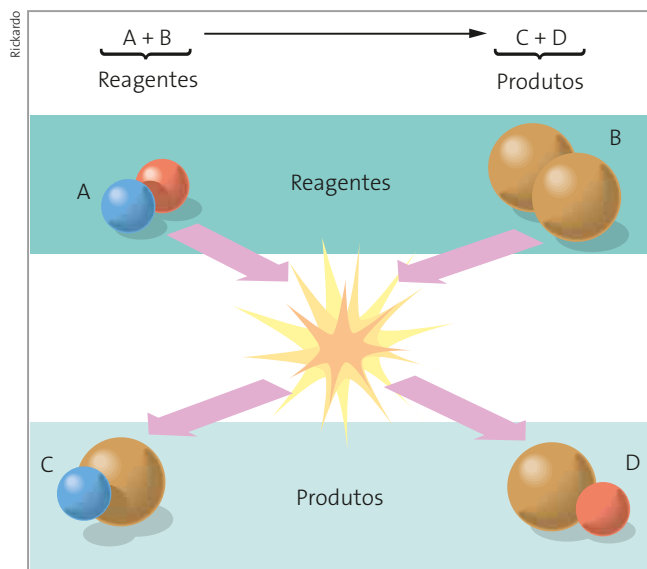
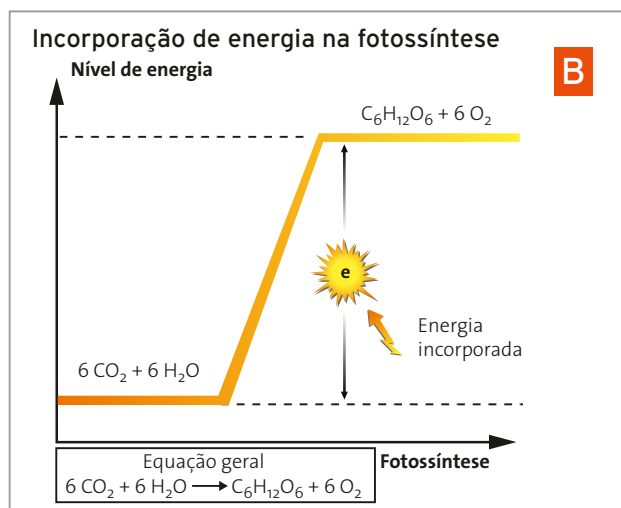
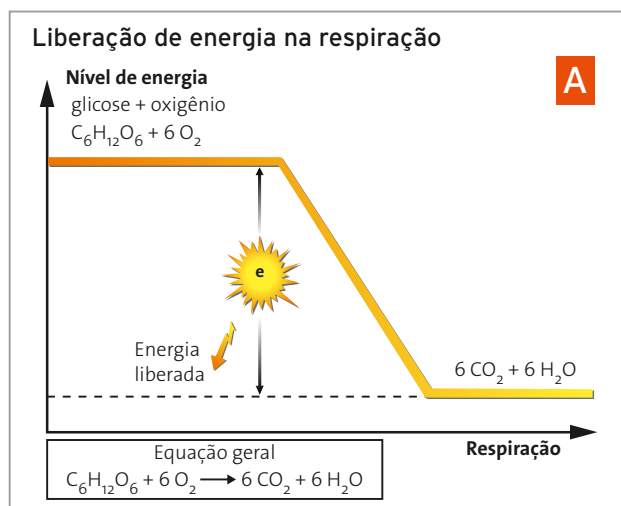


Figura 11.2. Esquema exemplificando uma reação química. (Cores fantasia.)

Existem reações químicas que, para ocorrer, precisam receber energia. Elas são chamadas **endergônicas**. Nesses casos, os reagentes têm menos energia do que os produtos. Outras reações, no entanto, liberam energia. Elas são chamadas **exergônicas**. Nessas reações, os reagentes possuem mais energia do que os produtos, e parte da energia dos reagentes é liberada na forma de calor.

Essas noções que foram aplicadas para reações individuais podem ser estendidas para processos que envolvem diversas reações. Nesse sentido, o processo de fotossíntese como um todo pode ser considerado endergônico, e o da respiração, exergônico. Na representação desses processos nos gráficos que se seguem, compara-se a energia das substâncias que entram com a das que são produzidas, como se vê nas equações gerais (Fig. 11.3).

Nas células, as reações exergônicas liberam parte da energia sob a forma de calor e parte para promover reações endergônicas. Essa utilização só é possível por meio de um mecanismo conhecido como **acoplamento**



Fonte: RAVEN, P. H. et al. *Biology of Plants*. Nova York: W. H. Freeman and Company, 2013.

Figura 11.3. Gráficos esquemáticos da liberação de energia pela respiração no processo de quebra da glicose (A) e da incorporação de energia pela fotossíntese no processo de formação de glicose (B), tomando por base as equações gerais desses processos. A fotossíntese não é um processo inverso ao da respiração. Tanto fotossíntese quanto respiração são processos complexos que envolvem inúmeras reações químicas. Nesses gráficos, apenas as equações gerais foram representadas.

de reações, no qual há participação de uma substância comum que direciona o aproveitamento de energia e, assim, promove pouca liberação de calor.

Essa substância comum é principalmente o trifosfato de adenosina, ou adenosina trifosfato, cuja abreviação é **ATP**. Esse composto armazena, em suas ligações-fosfato, grande parte da energia desprendida pelas reações exergônicas. Além disso, o ATP tem a capacidade de liberar, por hidrólise, essa energia para promover reações endergônicas. O ATP funciona dentro da célula como uma reserva de energia, que pode ser usada em qualquer momento que a célula necessitar.

Professor(a), a explicação da existência de ligações químicas que, ao serem quebradas, liberam energia envolve conceitos de Química. Seria interessante que você conversasse com o(a) responsável pela disciplina para uma abordagem interligada desse tema, mencionando outros exemplos (biológicos ou não) em que isso acontece.

O ATP é um nucleotídeo formado por uma molécula de adenina (base nitrogenada), uma molécula do açúcar ribose e três fosfatos (representados por P). O conjunto adenina + ribose forma a adenosina, que, ligada a um fosfato, forma a adenosina monofosfato (**AMP**). Com a adição de mais um fosfato, forma-se a adenosina difosfato (**ADP**); e, com a adição do terceiro fosfato, forma-se finalmente a adenosina trifosfato (**ATP**) (Fig. 11.4).

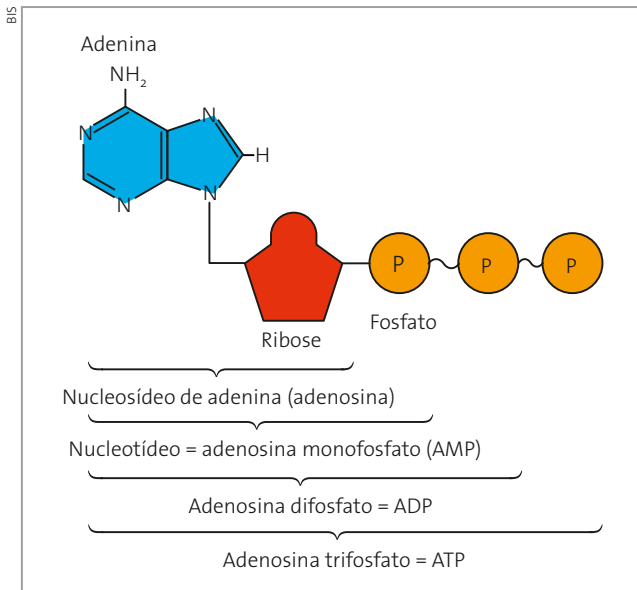


Figura 11.4. Esquema da molécula de ATP. O símbolo ~ representa ligação química que, ao ser quebrada, libera muita energia. (Cores fantasia.)

Pode-se esquematizar a atuação do ATP da seguinte forma (Fig. 11.5):

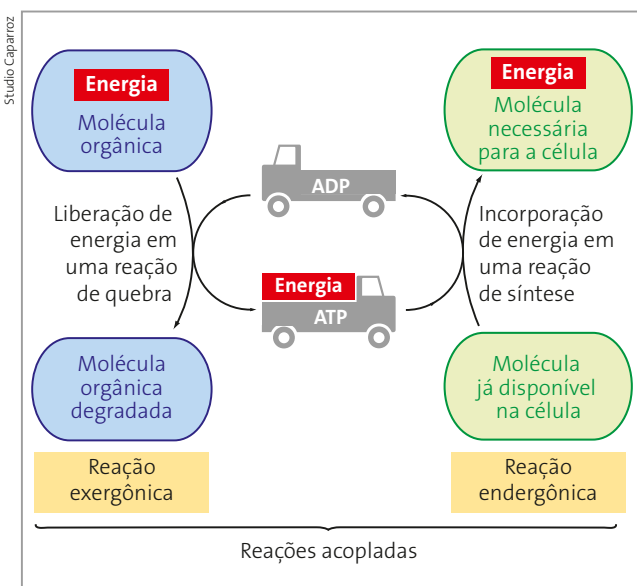
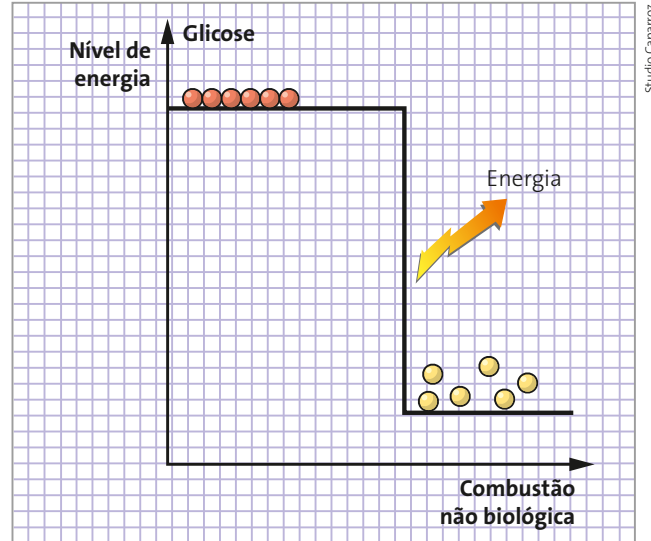


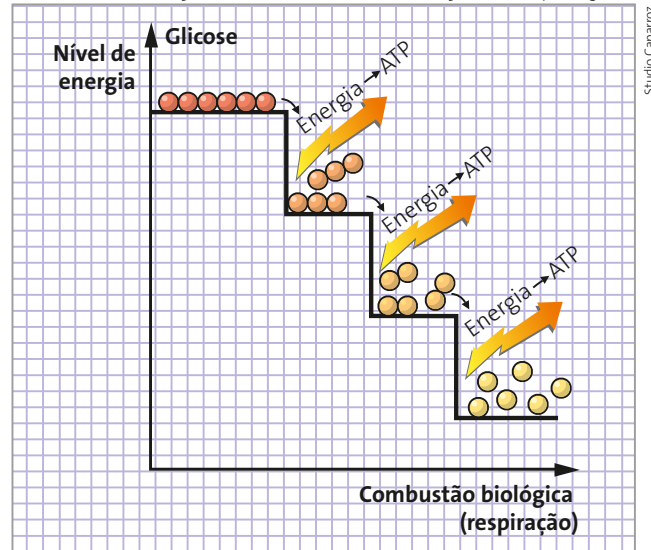
Figura 11.5. Esquema de duas reações acopladas, nas quais o ATP atua como substância comum, com a função de transportar energia.

Para entender a importância das reações acopladas nas células e da função do ATP, vamos comparar a combustão não biológica (que não ocorre nas células) com a quebra biológica da glicose (que ocorre na respiração celular) (figura 11.6).

Níveis de energia na combustão não biológica



Níveis de energia na combustão biológica (respiração)



Fonte: REECE, J. B. et al. *Campbell Biology*. 10. ed. Glenview: Pearson Education, Inc., 2014.

Figura 11.6. Gráficos da variação dos níveis de energia nos processos de combustão não biológica e na respiração.

Na combustão não biológica, a energia é liberada rapidamente, sob a forma de calor. Este é tão intenso que, se ocorresse na célula, poderia matá-la. Na quebra biológica, a energia armazenada nas ligações químicas é liberada de modo gradativo e utilizada na síntese de ATP. Nesse caso também há liberação de calor, mas em menor quantidade. Havendo necessidade, o ATP é quebrado e a energia liberada é utilizada para promover outras funções celulares.

2. Transportadores de hidrogênio: NAD⁺, NADP⁺ e FAD

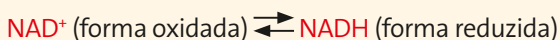
As reações químicas em que ocorrem transferências de elétrons são conhecidas como reações de oxidorredução. O reagente que perde elétrons fica oxidado e o que recebe fica reduzido. Podemos dizer que a oxidação libera energia, enquanto na redução ela é incorporada.

Durante os processos de síntese e de degradação de substâncias orgânicas nas células, ocorrem muitas reações químicas com liberação de elétrons com alto nível de energia e átomos de hidrogênio. Esses elétrons e átomos são captados por uma classe específica de substâncias denominadas **transportadoras de hidrogênio**, cujas formas oxidadas estão representadas pelo **NAD⁺**; **NADP⁺** e **FAD**.

O NAD e o FAD são nucleotídeos associados respectivamente às vitaminas nicotinamida e riboflavina. Assim, NAD é a sigla da molécula **N**icotinamida-**A**denina-**D**inucleotídeo, e FAD, a da molécula **F**lavina-**A**denina-**D**inucleotídeo. O NADP apresenta um grupo fosfato (**P**).

Ao receberem elétrons e hidrogênios, NAD⁺, NADP⁺ e FAD ficam reduzidos.

NAD⁺ e NADP⁺ são substâncias semelhantes, mas atuam em processos distintos: o NAD⁺ atua em processos catabólicos, que são os processos de quebra de moléculas, como é o caso da fermentação e da respiração; e o NADP⁺ atua em processos anabólicos, que são os de síntese, como é o caso da fotossíntese e da quimiossíntese. O FAD também atua em processos catabólicos, mas está restrito apenas a algumas etapas da respiração.



Neste capítulo, vamos analisar os principais processos relacionados ao metabolismo energético das células; iniciaremos pelos processos de síntese, representados pela fotossíntese e pela quimiossíntese; e depois passaremos aos processos de quebra, representados pela respiração e fermentação.

3. Fotossíntese Professor(a), veja as Orientações didáticas.

A fotossíntese — principal processo autotrófico — é realizada pelos seres clorofilados, representados por plantas, alguns protistas, bactérias fotossintetizantes e cianobactérias.

Com exceção das bactérias fotossintetizantes, os demais seres usam na fotossíntese o gás carbônico (CO₂) e a água (H₂O), formando carboidratos e gás oxigênio (O₂), o qual é liberado para o meio. Por liberar gás oxigênio, esse tipo de fotossíntese é chamado **fotossíntese oxigênica**.

A equação geral da fotossíntese dos eucariontes e das cianobactérias é:



Essa equação mostra que, na presença de luz e clorofila, o gás carbônico e a água são usados na produção de uma triose (carboidrato), gás oxigênio e água. Duas trios

ses unidas formam a glicose, por isso, é comum representar a glicose como um dos produtos da fotossíntese.



Outra maneira de representar o carboidrato é pela sua fórmula geral (CH₂O)_n.

Assim, a equação geral da fotossíntese pode ser escrita da seguinte forma:



Os seres fotossintetizantes oxigênicos são fundamentais para a manutenção da vida em nosso planeta, pois, além de serem a base da maior parte das cadeias alimentares, produzem oxigênio, gás mantido na atmosfera em concentrações adequadas, graças principalmente à atividade fotossintética.



Luz e fotossíntese

Objetivo

Testar a hipótese de que a luz é importante para a fotossíntese.

Materiais

- 2 ramos de *Elodea* sp. (encontrada em lojas de aquarismo);
- bicarbonato de sódio;
- água;
- 2 recipientes iguais de vidro transparente ou béqueres;
- 2 funis de haste curta (altura total menor do que a do recipiente);
- 2 tubos de ensaio;
- 1 caixa de papelão em que caiba um dos recipientes.

Procedimento

1. Com seu grupo de estudos, coloque, em cada recipiente, água com uma pequena quantidade de bicarbonato de sódio. O bicarbonato de sódio libera CO_2 na solução, a fim de fornecer grande quantidade desse gás para a fotossíntese e o experimento ocorrer mais rapidamente.
2. Acomode, dentro de cada funil, um ramo de *Elodea* sp. e coloque essa montagem dentro do recipiente, com a maior abertura do funil em contato com o fundo do recipiente. Cuide para que a *elódea* fique totalmente dentro do funil. A água do recipiente vai entrar no funil, que deve ficar totalmente imerso na água.
3. Cubra a haste dos funis com um tubo de ensaio completamente cheio da própria solução do recipiente, tal como representado na [figura 11.7](#). Tome cuidado para não formar bolhas de ar no interior do tubo de ensaio. Para isso, encha o tubo de ensaio com a solução até o máximo que ele pode conter. Tampe com o dedo a abertura do tubo e vire-o dentro da água do recipiente. Tire o dedo da abertura e acomode o tubo na haste do funil.
4. Você terá, então, duas montagens idênticas. Coloque uma das montagens exposta à luz. A outra deve ficar no mesmo local, porém coberta por uma caixa de papelão a fim de bloquear a passagem da luz. Assim, a variável que estaremos avaliando será a luz.
5. Depois de 30 minutos, descreva o que aconteceu em cada uma das montagens.

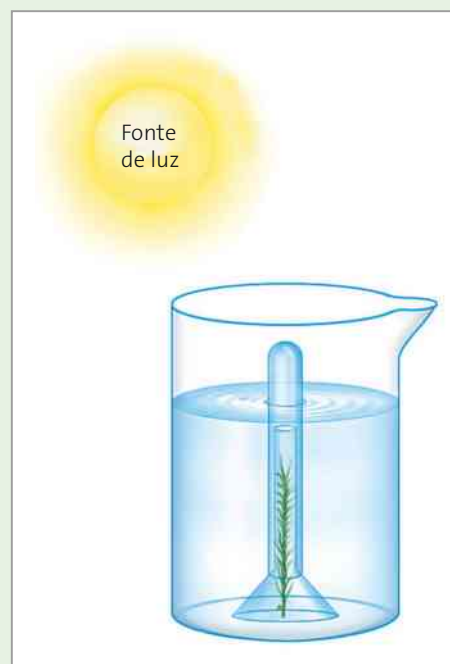


Figura 11.7. Representação da montagem do experimento. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Discussão

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Dizemos que a montagem que foi coberta pela caixa de papelão serve como controle do experimento. Explique o que isso significa.
2. Os resultados foram iguais ou diferentes nas duas montagens experimentais? Explique.
3. O experimento propiciou o teste da hipótese? Explique.
4. Junto com seu grupo de estudos, proponha uma nova investigação sobre fotossíntese. Formule uma pergunta, levante hipóteses e proponha experimentos para testar sua hipótese. Seu(sua) professor(a) saberá dizer se há possibilidade na escola de realizar a experimentação proposta por seu grupo.

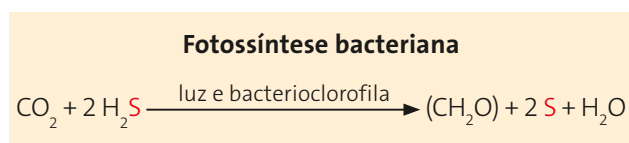
3.1. Origem do oxigênio e fotossíntese bacteriana

O gás oxigênio liberado pela fotossíntese realizada pelos eucariontes e pelas cianobactérias provém da água, e não do gás carbônico, como se pensava antigamente.

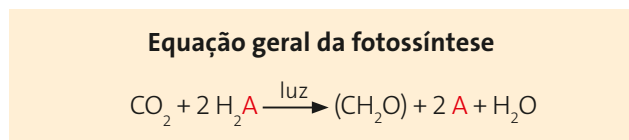
O primeiro pesquisador a propor isso foi **Cornelius van Niel** (1897-1985), na década de 1930, quando estudava bactérias fotossintetizantes. Ele verificou que as bactérias vermelhas sulfurosas (ou sulfobactérias púrpuras) realizavam uma forma particular de fotossíntese em que não havia formação de gás oxigênio.

Ele verificou que essas bactérias usam gás carbônico e sulfeto de hidrogênio (H_2S) e produzem carboidrato e enxofre. Por não produzir oxigênio, a fotossíntese dessas bactérias é chamada **anoxigênica** (*a* = prefixo de negação).

Niel escreveu, então, a fórmula geral da fotossíntese realizada por essas bactérias:



Foi a compreensão desse processo de fotossíntese que levou esse pesquisador à proposição da equação geral da fotossíntese:

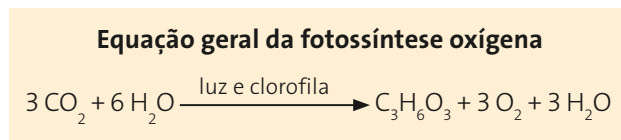


Essa equação propõe que H_2A pode ser a água (H_2O) ou o sulfeto de hidrogênio (H_2S) e evidencia que, se for a água, ela é a fonte de gás oxigênio na fotossíntese.

Essa interpretação foi confirmada posteriormente, na década de 1940, por experimentos em que pesquisadores forneceram às plantas água cujo oxigênio era de massa 18 (O^{18} , isótopo pesado do oxigênio), em vez de 16 (O^{16}), como o oxigênio da água comum. Eles verificaram que o gás oxigênio liberado pela fotossíntese era composto de O^{18} , corroborando a interpretação de Niel.

Ficou comprovado, então, que o gás oxigênio liberado durante a fotossíntese dos eucariontes e das cianobactérias (fotossíntese **oxigênica**) provém da água, e não do gás carbônico.

Embora nas equações resumidas da fotossíntese a glicose seja normalmente colocada como um produto, na realidade, o produto imediato da fotossíntese é um carboidrato de três carbonos (triose) chamado **gliceraldeído**. Assim, a melhor maneira para se representar a fórmula geral da fotossíntese das cianobactérias e dos eucariontes clorofilados é:



3.2. Luz e pigmentos fotossintetizantes

A luz só pode ser utilizada na fotossíntese graças à presença de **pigmentos** especializados que conseguem captar a energia luminosa.

A radiação solar é composta de vários comprimentos de onda. Entre eles, o olho humano só consegue distinguir os que compõem a luz visível ou luz branca.

Ao passar por um prisma, a luz é decomposta e podem-se perceber as sete cores que compõem a luz branca. Cada cor abrange uma faixa de comprimentos de onda (Fig. 11.8).

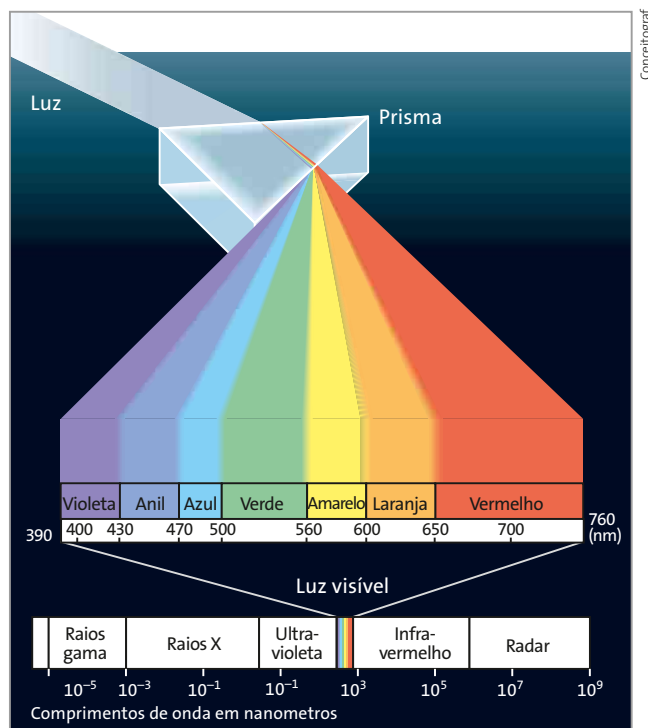


Figura 11.8. Esquema da decomposição da luz branca e da localização do espectro de luz visível no espectro eletromagnético, do qual fazem parte os raios gama, os raios X, as radiações ultravioleta e infravermelha e as ondas de radar.



A influência da luz na percepção das cores

Analise o experimento a seguir.

Uma planta de folhas verdes foi colocada dentro de uma caixa de papelão que continha uma lâmpada vermelha e uma lâmpada azul, como mostra a **figura 11.9**. Quando a luz vermelha está acesa, o observador verá pelo orifício da caixa que as folhas estão pretas. O mesmo ocorre quando a luz azul está acesa.

Pequeno orifício por onde o observador deve olhar



Studio Caparroz

Discussão

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

- Elabore uma explicação para essas observações

Figura 11.9. Esquema representando a montagem do experimento. (Cores fantasia.)

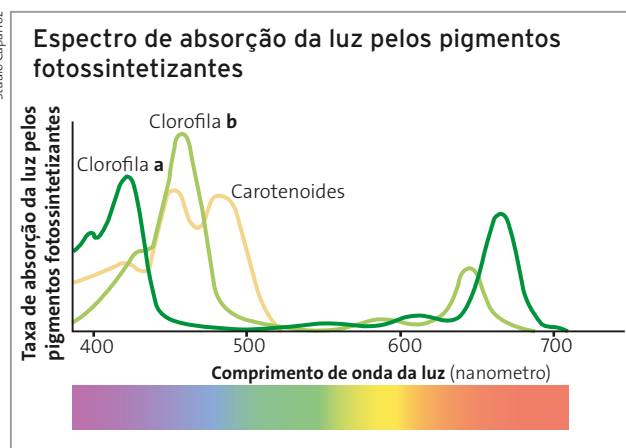
Os pigmentos têm a propriedade de absorver e refletir determinados comprimentos de onda. A cor do pigmento é dada pelo comprimento de onda refletido. Na fotossíntese, vários pigmentos participam da absorção de energia luminosa, sendo que nas plantas esses pigmentos são as clorofilas **a** e **b** e os carotenoides. As clorofilas refletem o comprimento de onda da luz verde e por isso são verdes. Os carotenoides podem ser de várias cores, desde alaranjados, amarelados ou avermelhados, associando-se ao comprimento de onda que refletem.

Colocando-se em um gráfico as diferentes taxas de absorção da luz pelos pigmentos fotossintetizantes em função do comprimento de onda, obtém-se o espectro de absorção de cada um deles (**Fig. 11.10**). Esse espectro pode ser comparado ao da taxa de fotossíntese em função do comprimento de onda: **espectro de ação fotossintética** (**Fig. 11.11**). Contrapondo-se os dois gráficos, pode-se verificar que as clorofilas são os pigmentos mais importantes para a fotossíntese. São elas que conseguem absorver com maior eficiência os comprimentos de onda das luzes azul e vermelha, nos quais a fotossíntese é mais intensa.

Como vimos, nos eucariontes, os pigmentos fotossintetizantes ficam nos tilacoides dos cloroplastos. Já nos procariontes fotossintetizantes, os pigmentos localizam-se em membranas internas, organizadas em lamelas concêntricas ou em pequenas vesículas esféricas, mas que nunca chegam a formar plastos.

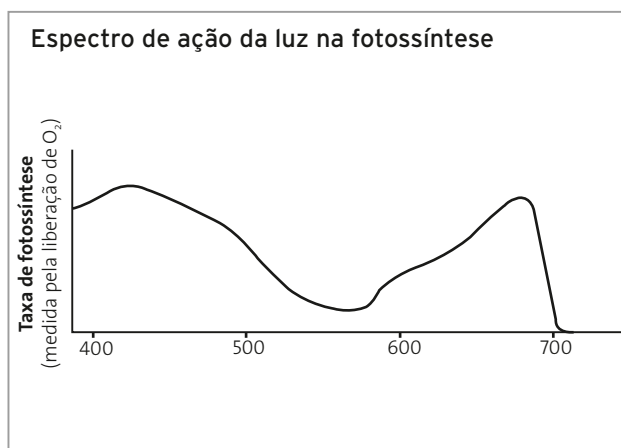
Neste capítulo nos deteremos no estudo geral da fotossíntese realizada pelas plantas.

Studio Caparroz



Fonte: RAVEN, P. H. et al. *Biology of Plants*. Nova York: W. H. Freeman and Company, 2013.

Figura 11.10. Gráfico do espectro de absorção de luz pelos pigmentos fotossintetizantes das plantas.



Fonte: RAVEN, P. H. et al. *Biology of Plants*. Nova York: W. H. Freeman and Company, 2013.

Figura 11.11. Gráfico do espectro de ação da luz na fotossíntese das plantas.

Studio Caparroz



Quais comprimentos de onda são importantes para a fotossíntese?

Se a luz é formada por diferentes comprimentos de onda e os pigmentos responsáveis pela fotossíntese são as clorofilas e os carotenoides, quais comprimentos de onda são mais importantes nesse processo?

Para responder a essa pergunta, realize o seguinte experimento:

Materiais

- 6 béqueres ou recipientes de vidro transparentes;
- 6 tubos de ensaio;
- bicarbonato de sódio;
- água;
- 6 ramos de elódea com o mesmo tamanho;
- 6 funis;
- folhas de papel celofane transparente: sem cor, vermelho, cor de laranja, amarelo, verde e azul.

Procedimento

1. Monte os béqueres com solução de água e bicarbonato e ramos de elódea como explicado na página 241.
2. Envolver cada montagem com um tipo de papel celofane, ou seja, um béquer ficará envolto por papel sem cor, outro com o celofane vermelho, outro com o de cor de laranja, outro com o amarelo, outro com o verde e outro com o azul (Fig. 11.12).
3. Coloque as montagens em um mesmo local, expostas à luz solar, nas mesmas condições de luminosidade.
4. Depois de 60 minutos (o tempo pode variar um pouco dependendo das condições de luminosidade), faça observações e anote os resultados em seu caderno.



Figura 11.12. Representação da etapa 2 do procedimento, apenas para o celofane vermelho. A mesma montagem deverá ser feita com as outras cores de celofane. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Discussão

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Com base nesses resultados, que resposta você poderia dar à pergunta feita inicialmente, ou seja, quais comprimentos de onda são mais importantes para a fotossíntese?
2. Qual é a importância, nesse experimento, da montagem envolta por papel celofane sem cor? Deixar uma montagem sem o envoltório de papel celofane produziria o mesmo efeito?
3. Sabe-se que o gás oxigênio é acumulado no ápice dos tubos de ensaio. Houve diferença entre as quantidades de gás em cada caso?
4. Considerando que a quantidade do gás liberado é um indicativo da taxa de fotossíntese, ordene as montagens experimentais da que apresentou a maior taxa até a que apresentou a menor taxa. Em quais casos a taxa de fotossíntese é maior? Em quais é menor?

3.3. As etapas da fotossíntese

Apesar de ser apresentada em apenas uma equação, a fotossíntese não ocorre em uma única reação química. Existem várias reações que, tradicionalmente, têm sido agrupadas em duas etapas interligadas:

- a primeira, **fotoquímica** ou **fase clara**, em que há participação da energia luminosa;
- a segunda, **química** ou **fase escura**, na qual não há participação direta da energia luminosa.

A etapa fotoquímica ocorre nos tilacoides, com a participação dos pigmentos fotossintetizantes, e a etapa química ocorre no estroma dos cloroplastos (Fig. 11.13).

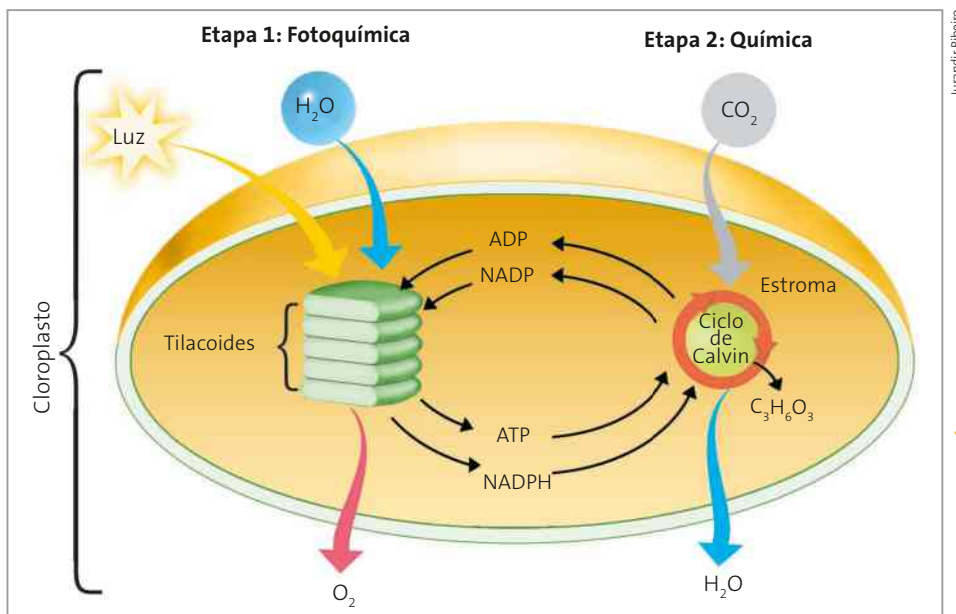


Figura 11.13. Esquema simplificado das etapas da fotossíntese no interior do cloroplasto. (Cores fantasia.)

Etapa fotoquímica

Na etapa fotoquímica, dois conjuntos básicos e relacionados de reações acontecem em presença de luz: **fotofosforilação** e **fotólise da água**.

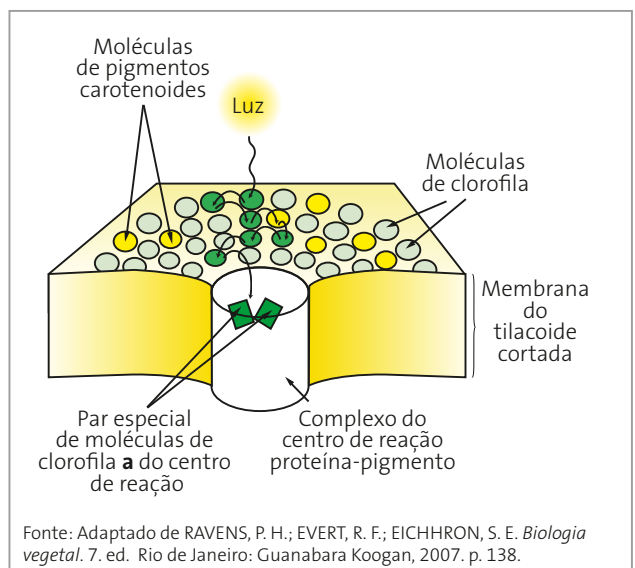
Fotofosforilação significa adição de fosfato (fosforilação) em presença de luz (foto, do grego: *photós* = luz). A substância que sofre fosforilação é o ADP, formando ATP.

Nesse processo, participam moléculas de clorofila e outros pigmentos acessórios (como os carotenoides), substânciasceptoras de elétrons e enzimas que se organizam no complexo-antena, formando dois tipos de fotossistema: I e II.

Cada complexo-antena é capaz de captar a energia luminosa por meio dos pigmentos fotossintetizantes e conduzi-la até um **centro de reação**, onde essa energia pode ser aproveitada. Esse centro é formado por um par especial de clorofilas **a**, cujas propriedades diferem das demais clorofilas (Fig. 11.14).

No fotossistema I, esse par de clorofilas recebe o nome de P_{700} , pois absorve mais eficientemente luz com 700 nm de comprimento de onda. No fotossistema II,

esse par de clorofilas **a** recebe o nome de P_{680} , pois absorve mais eficientemente luz com 680 nm de comprimento de onda.



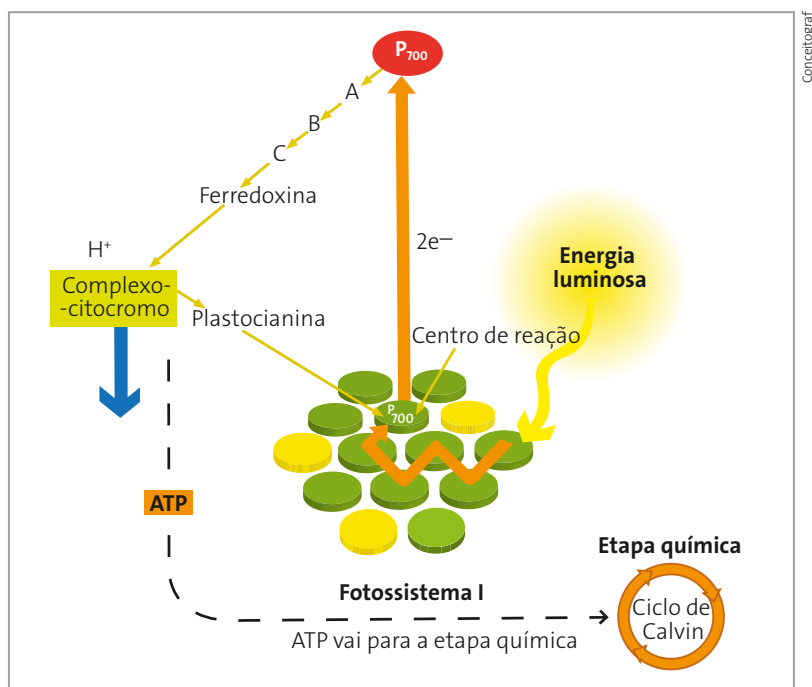
Fonte: Adaptado de RAVENS, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHRON, S. E. *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. p. 138.

Figura 11.14. Esquema de parte de um complexo-antena presente na membrana do tilacoide, representado em corte para evidenciar o centro de reação. (Cores fantasia.)

Quando clorofilas P_{700} do fotossistema I são excitadas pela energia luminosa, elétrons saem da molécula e são transferidos para uma substância aceptora de elétrons. Essa substância logo transfere os elétrons para outra substância, e assim por diante, formando uma cadeia de transporte de elétrons. Entre as substâncias transportadoras estão os **citocromos**.

Nessas transferências entre os aceptores, os elétrons vão liberando gradativamente a energia. Quando os elétrons passam pelo citocromo, a energia é empregada em um processo complexo que resulta na formação de ATP. Nesta obra, não detalharemos esse processo.

Ao chegarem ao último aceptor dessa cadeia, os elétrons têm nível energético suficientemente baixo e retornam ao par de clorofilas P_{700} . Como os elétrons retornam às moléculas de clorofila do mesmo fotossistema, fala-se em **fotofosforilação cíclica** (Fig. 11.15).



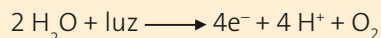
< **Figura 11.15.** Esquema simplificado da fotofosforilação cíclica: só há formação de ATP. Ferredoxina e plastocianina também são transportadoras de elétrons, assim como as substâncias identificadas apenas por **A, B e C**. (Cores fantasia.)

Existe outra forma de fotofosforilação que ocorre de modo independente da cíclica e que envolve os fotossistemas I e II e a fotólise da água. Nessa outra forma, elétrons das moléculas de clorofila P_{700} do fotossistema I, excitados pela luz, são captados por uma substância aceptora, mas, em vez de passarem pela cadeia de transporte de elétrons, são captados pelo $NADP^+$, formando $NADPH$. Nesse caso, não retornam para o mesmo centro de reação e as clorofilas P_{700} ficam temporariamente deficientes de elétrons.

Esses elétrons são repostos por outros provenientes do fotossistema II — o par de clorofilas P_{680} . Excitado pela energia luminosa, esse par libera elétrons que são captados por uma primeira substância aceptora. Depois, os elétrons passam por uma cadeia de aceptores, entre eles um complexo de citocromos. Nessas transferências, os elétrons perdem gradativamente energia. Do mesmo modo que na fotofosforilação cíclica, quando os elétrons passam pelo citocromo, a energia é empregada em um processo complexo que resulta na síntese do ATP.

Ao final dessa sequência, os elétrons com menos energia são captados pelo par de clorofilas P_{700} , que se recompõe. Já o par P_{680} do fotossistema II fica deficiente de elétrons. Eles são repostos pelos que provêm da quebra da molécula de água em presença de luz, processo denominado **fotólise da água** (do grego: *lusi* = quebra), o qual também libera prótons (H^+) e gás oxigênio.

Fotólise da água



Como os elétrons não retornam às clorofilas dos fotossistemas dos quais saíram, fala-se em **fotofosforilação acíclica**. Nesse caso, participam os dois fotossistemas, enquanto na fotofosforilação cíclica participa apenas o fotossistema I. Além disso, na fotofosforilação acíclica há formação de ATP e $NADPH$, enquanto na cíclica há formação apenas de ATP (Fig. 11.16).

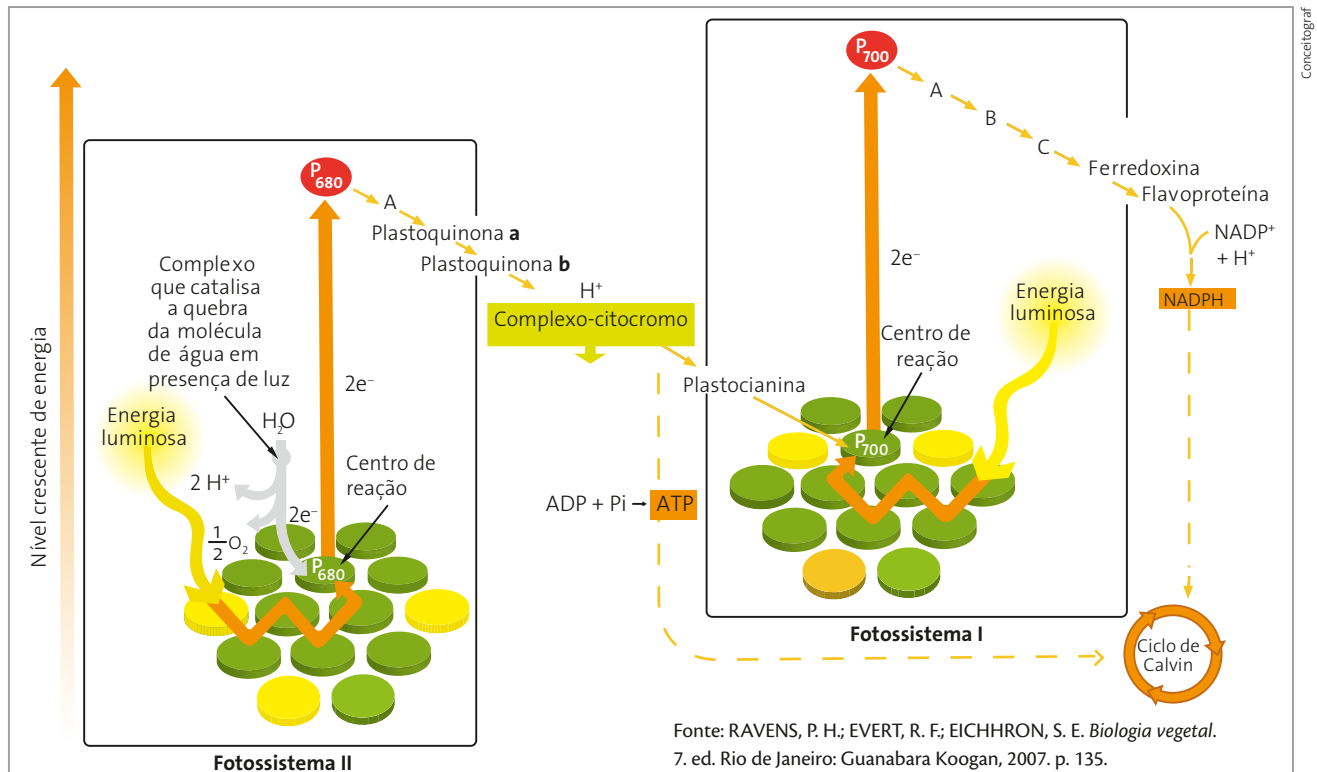
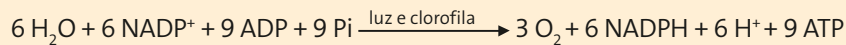


Figura 11.16. Esquema da fotólise da água e da fotofosforilação acíclica, também chamada esquema em Z ou em zigue-zague. Há formação de ATP e de NADPH + H⁺ que entram no ciclo de Calvin (etapa química). (Cores fantasia.)

Produtos da etapa fotoquímica (fotofosforilação + fotólise da água)

- O₂ é liberado para fora do cloroplasto;
- NADPH, H⁺ e ATP serão usados na etapa seguinte, a etapa química.

Equação geral da etapa fotoquímica



Etapa química

Nesta etapa ocorrem reações ligadas à fixação do carbono presente no CO₂. Essas reações ocorrem no estroma dos cloroplastos e, apesar de não dependerem diretamente da luz, dependem das reações da fase fotoquímica, pois precisam do ATP, do NADPH e dos H⁺ formados na presença de luz.

Na etapa química, o CO₂ participa de uma série de reações que ocorrem no chamado ciclo das pentoses (açúcares de cinco carbonos na molécula), elucidado na década de 1940 por Melvin Calvin com a participação de Adam Benson.

Esse ciclo é bastante complexo e será comentado aqui de forma resumida, no esquema simplificado na figura 11.17.

O CO₂ entra no ciclo de Calvin e se une a um composto de cinco carbonos, a **ribulose bifosfato (RuBP)**, que já existe no estroma do cloroplasto. Esse processo

é chamado **fixação de carbono** e é catalisado pela ação de uma enzima chamada **rubisco**, a mais abundante na natureza. Ela corresponde a cerca de 25% do total de proteínas solúveis nas folhas. Pela ação da rubisco formam-se moléculas de um açúcar de seis carbonos, que é instável e logo é quebrada em moléculas de três carbonos: o **fosfoglicerato (PGA)**. Em função da formação dessa substância de três carbonos, o ciclo de Calvin é também chamado de ciclo **C3** e as plantas que o possuem são chamadas de **plantas C3**.

Em seguida, com o fornecimento de energia de moléculas de ATP e a ação do NADPH, forma-se a partir do PGA o **gliceraldeído fosfato** ou **PGAL**, que também tem três carbonos. Esse produto do ciclo de Calvin pode seguir dois caminhos: parte das moléculas de PGAL será usada para recompor a RuBP, que irá se unir a uma nova molécula de CO₂ reiniciando o ciclo de Calvin, e parte é usada para a síntese de glicose e outros carboidratos. Os carboidratos

produzidos na fotossíntese suprem a planta com a energia química e o carbono necessários para sintetizar outras moléculas orgânicas, como aminoácidos e ácidos graxos.

Parte do PGAL produzido no ciclo de Calvin é exportada do cloroplasto para o citosol e parte permanece no cloroplasto.

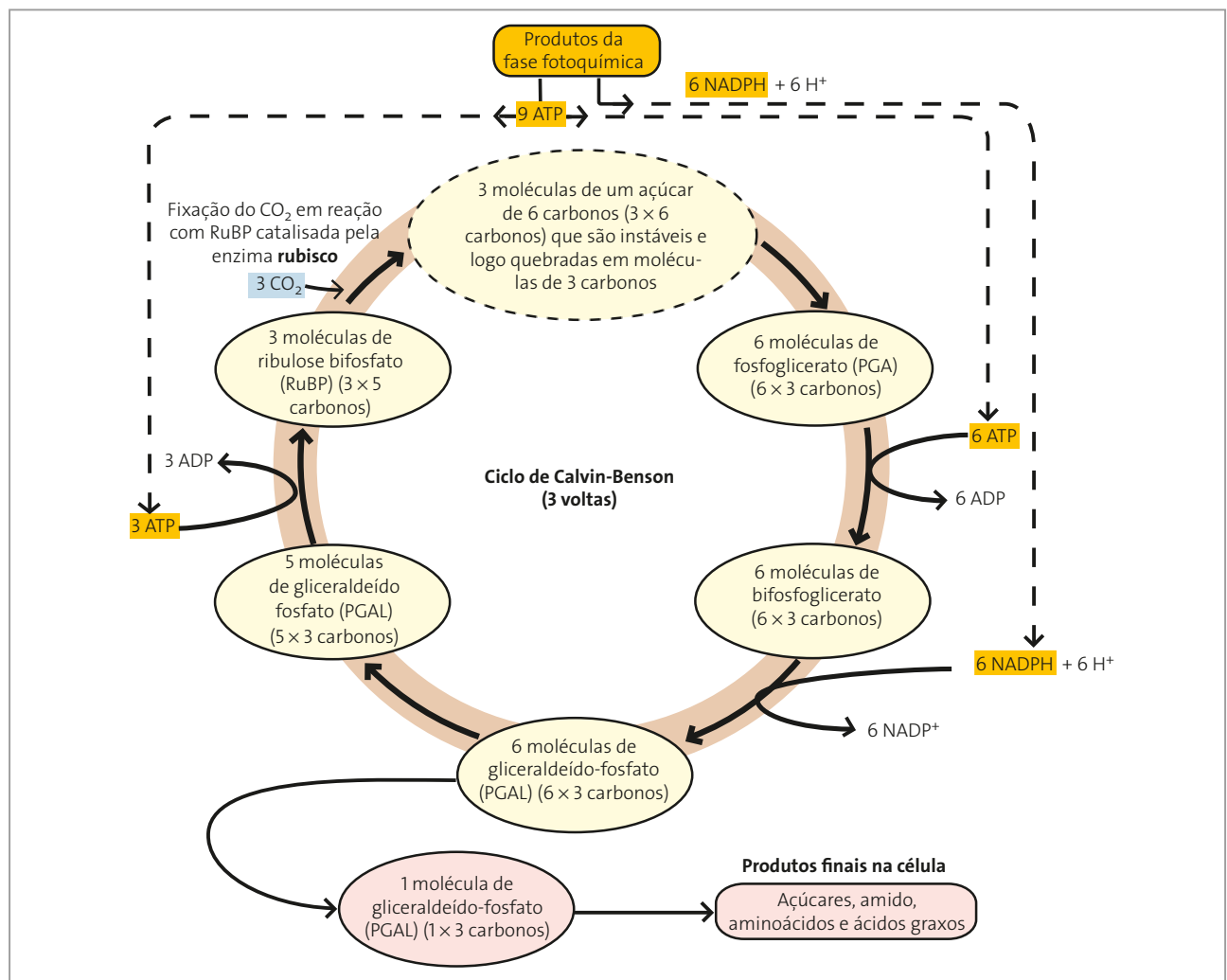


Figura 11.17. Representação do ciclo de Calvin-Benson. As quantidades das moléculas referem-se a 3 voltas no ciclo.

O que vai para o citosol pode ser convertido em glicose e usado diretamente na respiração celular. O que não é usado na respiração é convertido em sacarose por meio de uma série de reações.

A sacarose é um dissacarídeo, considerado o principal açúcar de transporte da planta. Ela sai da folha e é transportada pelos vasos condutores de seiva elaborada para todas as partes da planta que não realizam fotossíntese. Assim que chega a uma célula não fotossintetizante, a sacarose é degradada em moléculas de glicose que são utilizadas na respiração celular, e a energia liberada é empregada em grande variedade de reações. As plantas, como regra, produzem mais carboidratos do que necessitam. Muito do excesso de glicose é estocado na forma de amido, que pode ficar armazenado em células de reserva situadas em raízes

(Fig. 11.18) e caules (Fig. 11.19). Outra parte é usada na síntese do polissacarídeo celulose, especialmente nas células em crescimento. A celulose é o principal constituinte da parede celular das plantas.



Figura 11.18. Fotografia de cenouras: exemplo de raiz com reserva de amido.



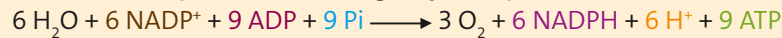
Figura 11.19. Fotografia de batata-inglesa: exemplo de caule com reserva de amido.

O PGAL que permanece no cloroplasto e não participa novamente do ciclo de Calvin é convertido em amido, o principal carboidrato de reserva da planta. O amido fica armazenado temporariamente durante o período de luz, na forma de grãos, no estroma do cloroplasto. No período sem luz, o amido é degradado a sacarose, que é exportada da folha, via vasos condutores de seiva elaborada, para outras partes da planta.

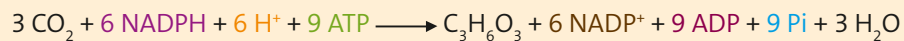
Resumo das etapas da fotossíntese

Considerando as duas etapas da fotossíntese e as equações gerais apresentadas, obtém-se o seguinte:

Fotofosforilação e fotólise da água (presença de luz e clorofila)

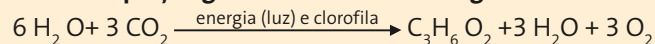


Ciclo de Calvin



Somando essas equações, cancelam-se os produtos de uma, que são reagentes da outra, como destacamos em cor. Os reagentes e produtos restantes compoem a equação geral da fotossíntese oxigênica.

Equação geral da fotossíntese oxigênica



Colocando em foco

COMO MILHO, ABACAXI E OUTRAS PLANTAS TROPICAIS FIXAM CARBONO?

O gás carbônico do ar atmosférico entra nas plantas através de pequenas aberturas presentes nas folhas e em caules verdes. Por essas aberturas também ocorre a saída do O_2 produzido na fotossíntese e da água liberada sob a forma de vapor no processo de transpiração da planta.

Vamos dar ênfase ao que ocorre nas folhas, o principal órgão da planta responsável pela fotossíntese e pela transpiração.

As trocas de gases e a saída de vapor de água ocorrem de maneira controlada por meio de estruturas especiais, os **estômatos**, formados por duas células estomáticas que delimitam um poro estomático (Fig. 11.20).

A planta pode abrir ou fechar o poro estomático em função de determinadas variáveis.

Uma variável de grande importância é a disponibilidade de água. Havendo restrição de água, os estômatos se fecham, reduzindo a perda de água por transpiração.

Certas plantas tropicais possuem adaptações à vida em locais com alta intensidade luminosa, altas temperaturas e baixa disponibilidade de água. Nessas condições, os estômatos podem permanecer fechados por muito tempo durante o dia, o que reduz a transpiração da planta. No entanto, isso restringe a entrada de gás carbônico, fundamental para o processo de fotossíntese.



Figura 11.20. Eletromicrografia de varredura, colorida artificialmente, mostrando estômato fechado (A) e aberto (B). Ampliação: cerca de 1200 vezes.

Dessa forma, como essas plantas conseguem obter o gás carbônico necessário à fotossíntese, se durante o dia os estômatos estão geralmente fechados?

Duas estratégias adaptativas são encontradas: a das plantas **C4** e a das plantas **CAM**.

São exemplos de plantas C4 o milho e a cana-de-açúcar (Fig. 11.21) e de plantas CAM o abacaxi e outras plantas da família das bromélias, os cactos, as orquídeas, as agaváceas e as plantas com folhas suculentas, ricas em água, do grupo das crassuláceas, como a fortuna (gênero *Kalanchoe*) (Fig. 11.22). A sigla CAM deriva do fato de esse mecanismo ter sido inicialmente descrito para crassuláceas e ficou conhecido como **Metabolismo Ácido das Crassuláceas**.

Para essas plantas, o ciclo de Calvin não é a única maneira usada para fixar o carbono. Elas possuem outra via que fixa o CO_2 quando os estômatos estão abertos, formando uma molécula de quatro carbonos, chamada **malato**. O malato pode ficar armazenado como uma reserva de CO_2 para a planta. Ao ser quebrado, o malato dá origem ao CO_2 que pode ser usado no ciclo de Calvin.

No caso das plantas C4, a fixação de CO_2 em malato ocorre em células clorofiladas de parênquima da folha e o ciclo de Calvin ocorre em células clorofiladas que ficam ao redor dos feixes vasculares e que formam as nervuras das folhas. Assim, esses dois processos ocorrem em células distintas, ou seja, são separados espacialmente. O malato armazenado em uma célula passa para outra onde é quebrado, e o CO_2 liberado pode participar do ciclo de Calvin. Nas plantas C4, portanto, a fixação do CO_2 ocorre de forma eficiente mesmo em clima quente e seco e com estômatos parcialmente fechados.

Nas plantas CAM, os dois processos ocorrem na mesma célula clorofilada do parênquima foliar. A fixação do CO_2 em malato ocorre durante a noite, quando os estômatos estão abertos e o CO_2 atmosférico pode entrar na planta. O ciclo de Calvin ocorre durante o dia, enquanto os estômatos estão fechados. Portanto, nas plantas CAM os ciclos estão separados temporalmente, mas ocorrem na mesma célula (Fig. 11.23).

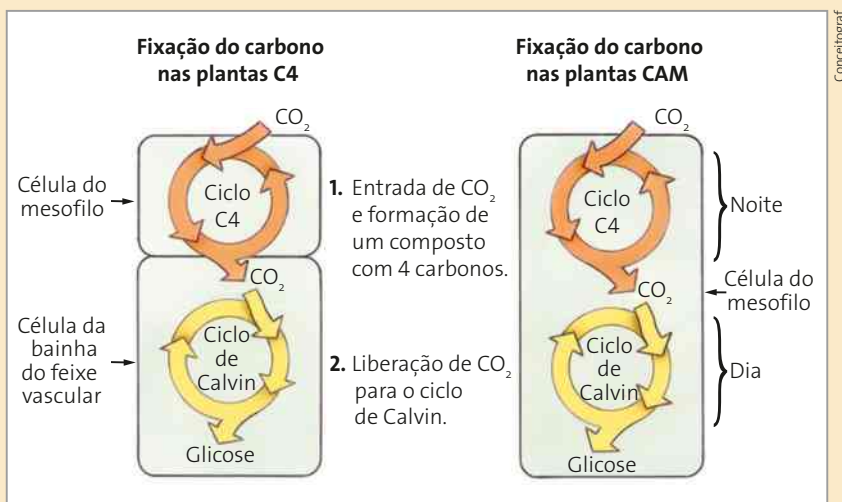


Figura 11.23. Esquema comparativo da fixação do carbono em plantas C4 e em plantas CAM.



Fabio Colombini



Fabio Colombini

Figura 11.21. Fotografias de milho (A) e de cana-de-açúcar (B): exemplos de plantas C4.



Ingram Publishing/Diomedea



Fabio Colombini

Figura 11.22. Fotografias de abacaxi (A) e de cactos (B): exemplos de plantas CAM.

4. Quimiossíntese

A quimiossíntese é um processo em que a energia utilizada na formação de compostos orgânicos provém da oxidação de substâncias inorgânicas, e não da energia luminosa.

A quimiossíntese é realizada por algumas bactérias que, por isso, são chamadas bactérias quimiossintetizantes ou quimiolitotótrofos.

Os principais exemplos de bactérias quimiossintetizantes são:

- **ferrobactérias** — utilizam a energia química proveniente da oxidação de compostos de ferro para a síntese de matéria orgânica (Fig. 11.24);
- **nitrobactérias** — utilizam a energia química proveniente da oxidação de íons amônio ou de íons nitrito para a síntese de matéria orgânica. As nitrobactérias ou bactérias nitrificantes (gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter*) existem livres no solo e são de grande importância no ciclo do nitrogênio, como já discutimos na unidade anterior;
- **sulfobactérias** — utilizam energia proveniente da oxidação de H_2S , como fazem as bactérias quimiossintetizantes das fontes termais submarinas.

5. Respiração

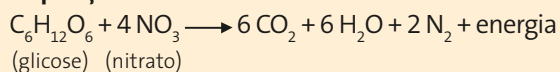
Quando se fala de mecanismos intracelulares, a palavra **respiração** é empregada em todo processo de síntese de ATP que envolve a cadeia respiratória.

São dois os tipos de respiração:

- a **anaeróbia**, em que o aceptor (substância que recebe) final de hidrogênios na cadeia respiratória não é o oxigênio, mas outra substância, como o sulfato e o nitrato;
- a **aeróbia**, em que o aceptor final de hidrogênios na cadeia respiratória é o oxigênio.

Realizam respiração anaeróbia bactérias desnitrificantes do solo, como a *Pseudomonas denitrificans*. Elas participam do ciclo do nitrogênio, devolvendo à atmosfera o N_2 . Como as bactérias só realizam esse processo na ausência de O_2 , a desnitrificação ocorre em regiões onde a taxa de O_2 é reduzida ou nula, como nos pântanos.

Respiração anaeróbia em bactéria desnitrificante



A respiração aeróbia é realizada por muitos procariontes, protistas e fungos e por plantas e animais. Será nela que deteremos nossa atenção.

Podemos representar a equação química desse processo do seguinte modo:



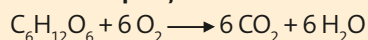
Ralph White/Corbis/Latinstock

Figura 11.24. Fotografia de parte de um navio naufragado. A crosta esbranquiçada que cobre as superfícies ferrosas é formada por bactérias que obtêm sua energia a partir da oxidação do ferro.

Estudaremos as reações que ocorrem na respiração aeróbia considerando a glicose como matéria orgânica a ser degradada.

A equação geral da respiração aeróbia é:

Respiração aeróbia



Pode-se considerar a respiração como um processo realizado em quatro etapas integradas: glicólise, formação de acetil-CoA, ciclo de Krebs e cadeia respiratória.

A glicólise não depende do gás oxigênio para ocorrer, mas as outras etapas dependem, direta ou indiretamente, desse gás.

Nos procariontes, as três primeiras etapas ocorrem no citoplasma, e a cadeia respiratória ocorre associada à face da membrana plasmática voltada para o citoplasma. Já nos eucariontes, somente a glicólise ocorre no citosol, e as demais acontecem no interior das mitocôndrias, organelas ausentes nos procariontes. Vamos nos deter na respiração em eucariontes (Fig. 11.25).

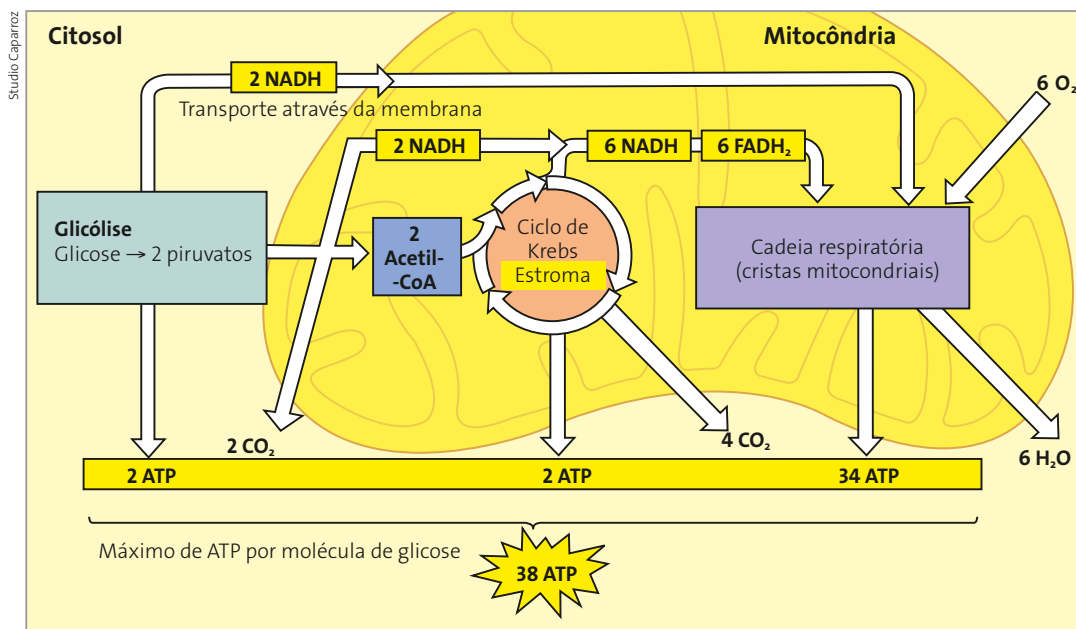


Figura 11.25. Visão geral das etapas da respiração aeróbica. Esquema da mitocôndria vista em corte para mostrar a localização das etapas da respiração que ocorrem em seu interior. (Cores fantasia.)

5.1. Glicólise

Na glicólise (Fig. 11.26), cada molécula de glicose é desdobrada em dois piruvatos (formados por três carbonos – 3 C), com liberação de hidrogênio e energia, por meio de várias reações químicas.

O hidrogênio combina-se com moléculas transportadoras de hidrogênio (NAD^+), formando $\text{NADH} + \text{H}^+$. A energia liberada é usada para a síntese de ATP, resultando, no final do processo, um saldo de 2 ATP.

O piruvato formado na glicólise é um composto-chave no metabolismo celular, pois pode ser utilizado tanto nos processos aeróbios como nos anaeróbios. O principal fator determinante de qual via o piruvato vai seguir é o oxigênio. Na presença desse gás, o piruvato é degradado em CO_2 e H_2O na respiração. Na ausência, é parcialmente degradado nos processos de fermentação.

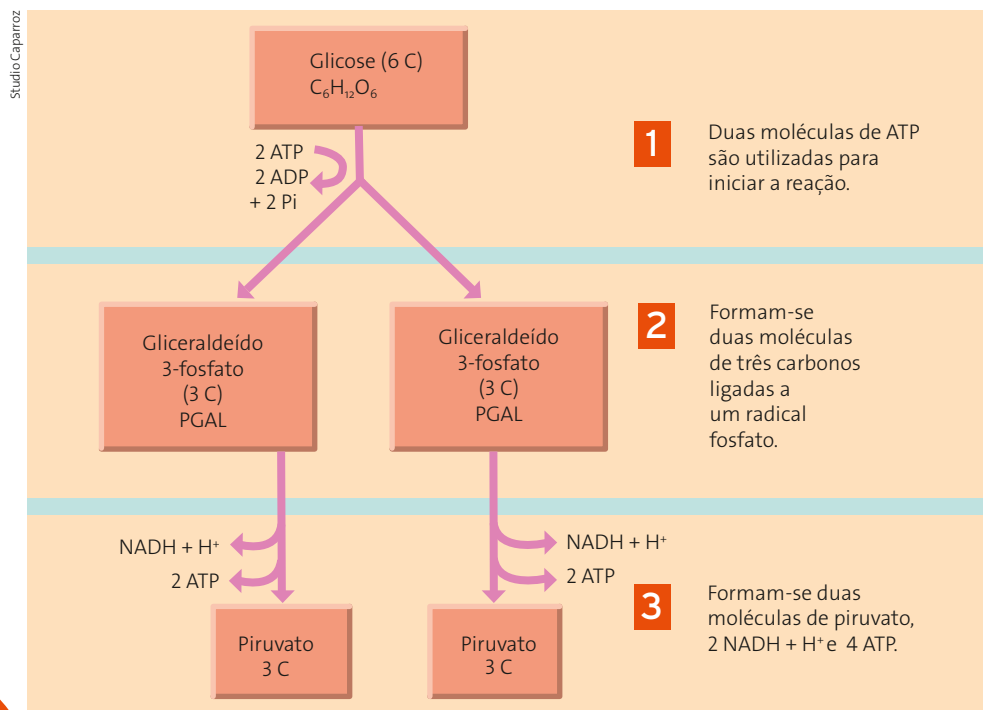


Figura 11.26. Esquema simplificado da glicólise. O saldo em ATP é de 2 moléculas.

5.2. Formação de acetil-CoA e ciclo de Krebs

Na respiração, o piruvato formado na glicólise penetra na matriz mitocondrial e é transformado em acetil (molécula com dois carbonos – 2 C), havendo liberação de gás carbônico (CO_2) e de hidrogênio (H).

O acetil combina-se com uma substância denominada coenzima A (CoA), formando o acetil-coenzima A (acetil-CoA), que entra no ciclo de Krebs (Fig. 11.27).

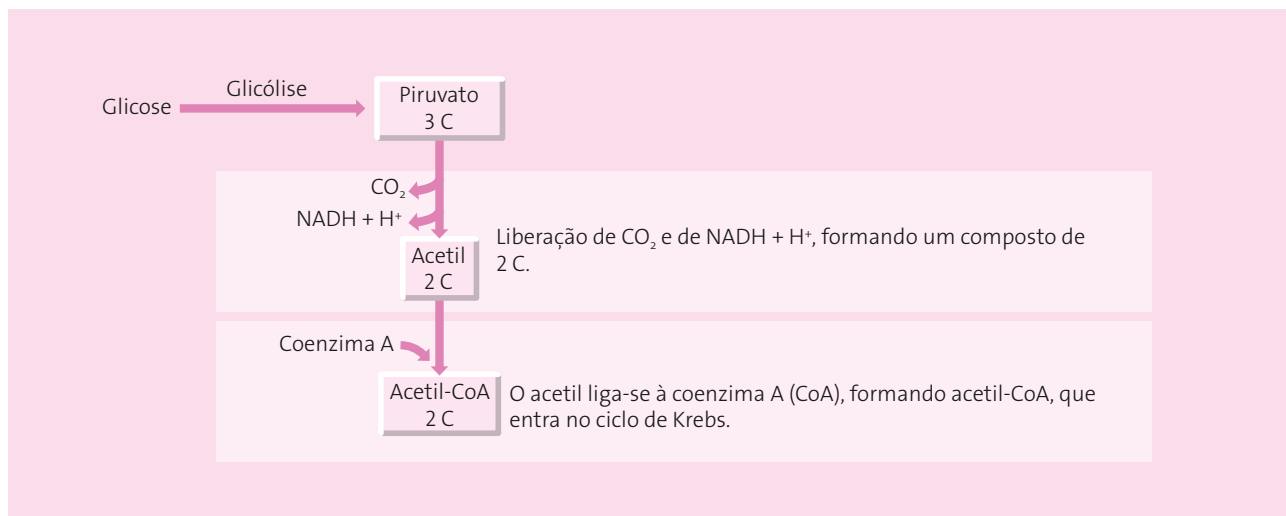


Figura 11.27. Esquema da formação de acetil-CoA.

O ciclo de Krebs foi elucidado por Hans Adolf **Krebs**, que, em função disso, recebeu o Prêmio Nobel de Fisiologia em 1953.

O ciclo de Krebs é também chamado ciclo do ácido cítrico ou ciclo dos ácidos tricarboxílicos e está esquematizado de forma simplificada na figura 11.28. Analise-o.

Nesse ciclo são liberados CO_2 , ATP, $\text{NADH} + \text{H}^+$ e FADH_2 .

Todo o gás carbônico liberado na respiração provém da formação de acetil e do ciclo de Krebs.

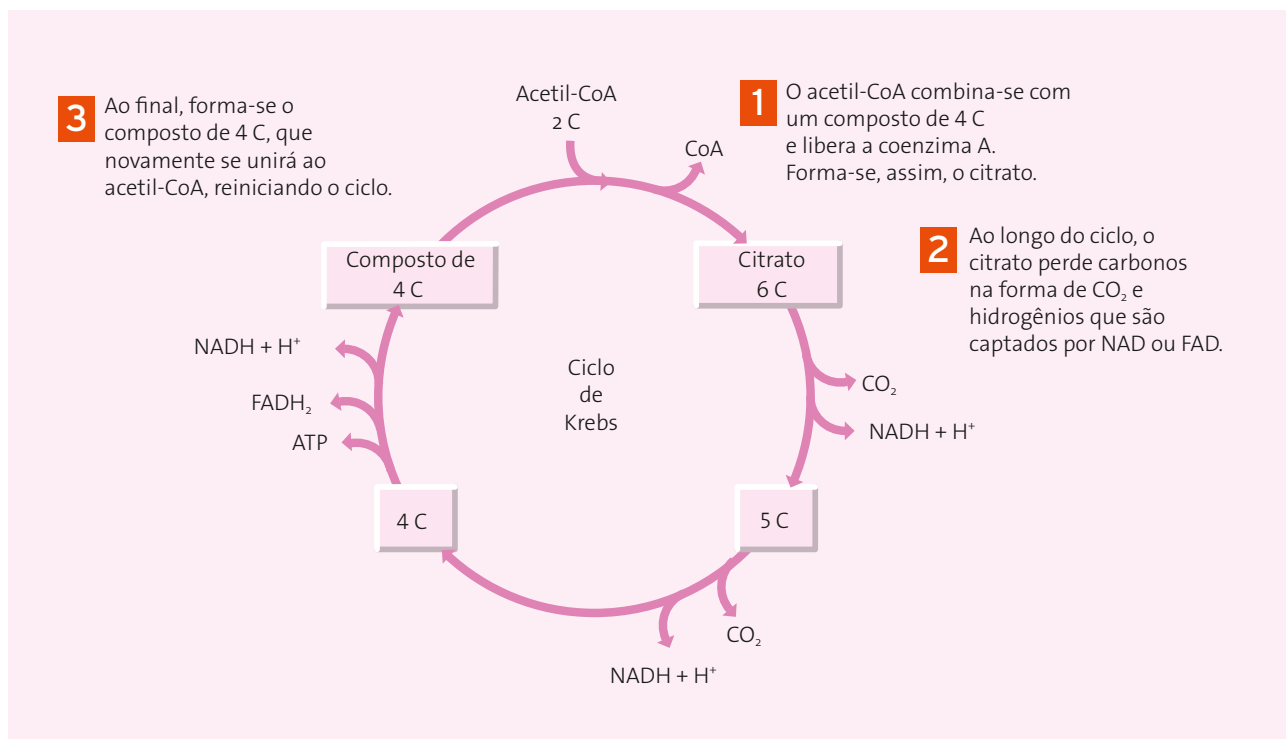


Figura 11.28. Esquema do ciclo de Krebs.



CICLO DE KREBS, A GRANDE ENCRUZILHADA METABÓLICA DA CÉLULA

O catabolismo de outras moléculas

Ao longo deste capítulo, vimos que a glicose é usada como combustível para a respiração celular. Entretanto, aminoácidos, glicerol e ácidos graxos também podem participar desse processo, como mostra de forma simplificada a **figura 11.29**.

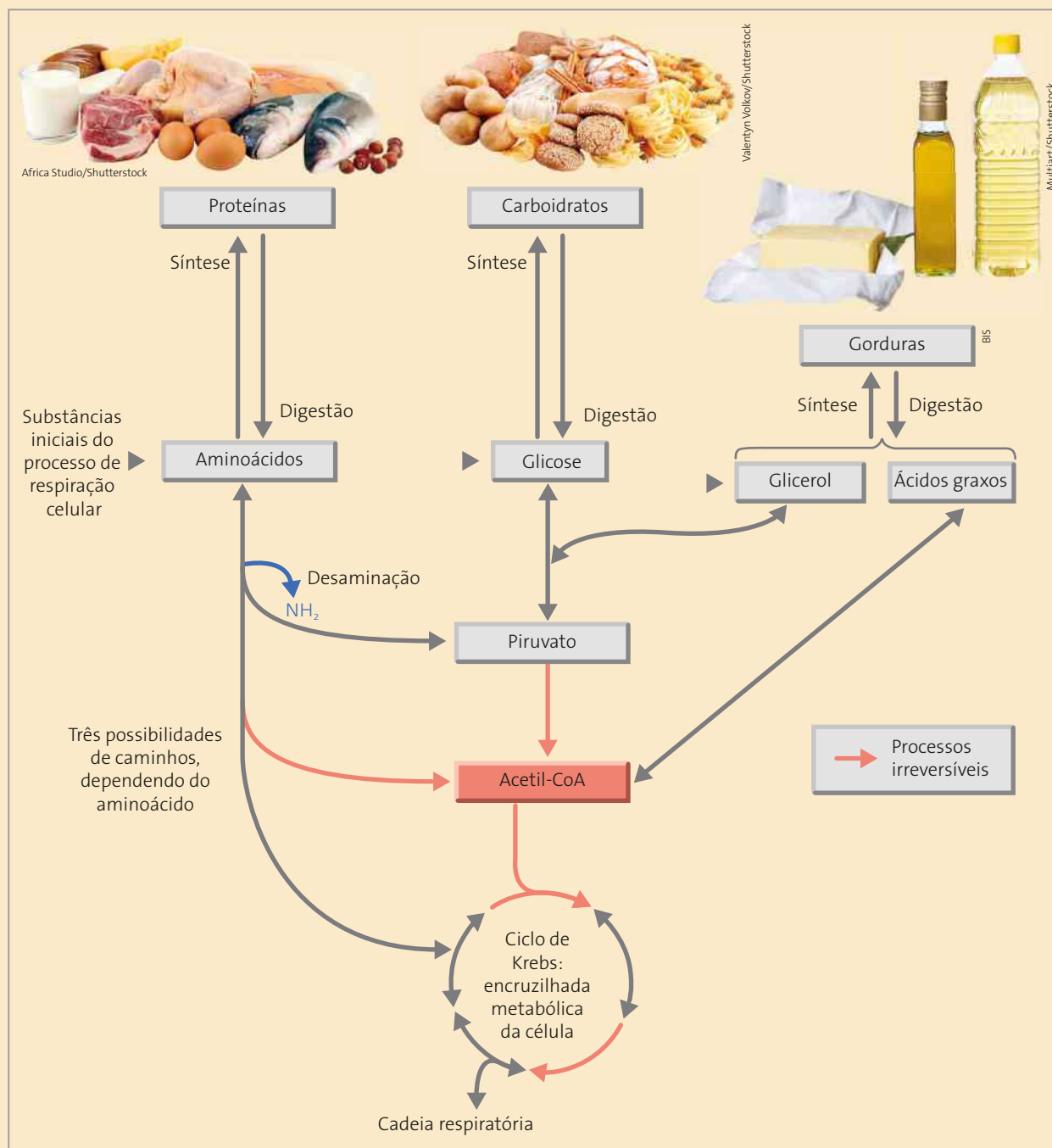


Figura 11.29. Esquema de processo de respiração celular tendo proteínas, carboidratos e gorduras como combustível.

A digestão dos carboidratos no sistema digestório produz monossacarídeos, entre eles a glicose. Depois que ocorre a absorção, as células recebem esses monossacarídeos.

Parte da glicose entra no processo de respiração celular e parte fica estocada nas células sob a forma do polissacarídeo glicogênio, armazenado principalmente nas células do fígado e dos músculos. Quando necessário, as células quebram esse glicogênio em moléculas de glicose, que participam da glicólise.

As proteínas também podem ser usadas na respiração como fonte de energia. Após a digestão no sistema digestório, formam-se várias moléculas de aminoácidos, que depois de absorvidos são levados até as células e usados para sintetizar outras proteínas. Os aminoácidos em excesso são convertidos por ação enzimática em piruvato ou em produtos intermediários do ciclo de Krebs. Em todos os casos, antes de o aminoácido entrar na respiração sempre ocorre a remoção do grupo amino (NH_2), processo denominado **desaminação**. Esse grupo amino é eliminado do corpo como componente da urina, sob a forma de excreta nitrogenada: ureia, amônia ou ácido úrico.

As gorduras, após a digestão, são transformadas em ácidos graxos e glicerol. Depois que ocorre a absorção, o glicerol é convertido em um produto intermediário da glicólise e entra no processo de respiração. Os ácidos graxos podem ser quebrados pela ação de enzimas dos peroxissomos e formar uma substância que entra no ciclo de Krebs.

A degradação da gordura na respiração produz mais energia do que a degradação de outras substâncias. Por exemplo, 1 grama de gordura na respiração produz mais ATP do que 1 grama de carboidrato ou de proteína.

Com base na [figura 11.29](#) e analisando as reações reversíveis e as irreversíveis, é possível notar que:

- as proteínas ingeridas na alimentação podem ser convertidas em carboidratos e ácidos graxos;
- os carboidratos podem ser convertidos em ácidos graxos;
- os ácidos graxos não podem ser transformados em nenhum dos outros nutrientes;
- os carboidratos não podem ser transformados em proteínas; apesar de o piruvato poder dar origem a alguns aminoácidos, na ausência de apenas um dos aminoácidos componentes de uma proteína, sua síntese é inviável.

Esses dados reforçam a importância das proteínas na alimentação. As células não conseguem armazenar proteínas como substância de reserva, embora consigam armazenar carboidratos ou lipídios, utilizando-os quando necessário. Além disso, as proteínas precisam ser ingeridas como fonte de aminoácidos para a síntese proteica.

Professor(a), optamos por não abordar a síntese do ATP, tanto na fotossíntese como aqui, por considerarmos que esse tema é complexo demais para esse nível de escolaridade e para os objetivos do novo Ensino Médio.

5.3. Cadeia respiratória

A cadeia respiratória ocorre associada às cristas mitocondriais. Por meio desse processo, há transferência de hidrogênios transportados pelo NAD^+ e pelo FAD para o gás oxigênio formando água e produzindo ATP.

O oxigênio é o aceptor final de hidrogênios e participa diretamente apenas da última etapa da cadeia respiratória. Apesar disso, é um reagente fundamental para que a respiração ocorra, pois todas as demais reações da respiração que ocorrem dentro da mitocôndria cessam na sua ausência. Sem oxigênio, alguns organismos e mesmo células do tecido muscular esquelético humano continuam a realizar glicólise, desviando o metabolismo para a fermentação.

Nas transferências de hidrogênios ao longo da cadeia respiratória, há liberação de elétrons excitados, que vão sendo captados por transportadores intermediários, dentre eles os **citocromos**. Da mesma ma-

neira como vimos para a fotossíntese, os complexos-citocromo participam de um complexo mecanismo que resulta na síntese de ATP.

Cada NADH libera energia para formar 3 moléculas de ATP, e cada FADH_2 libera energia para formar 2 moléculas de ATP. Como são formados 10 NADH e 2 FADH_2 nas etapas anteriores da respiração, teremos o total de 34 ATP formados na cadeia respiratória.

Como o saldo energético da glicólise é de duas moléculas de ATP e o do ciclo de Krebs também, o saldo energético final da respiração na quebra de cada molécula de glicose é de 38 moléculas de ATP.

Entretanto, em certas células eucarióticas, como as da musculatura esquelética humana e provavelmente as do cérebro, o saldo energético da respiração por molécula de glicose degradada é de 36 ATP. Isso ocorre em função de um mecanismo relacionado à entrada do

NADH na mitocôndria, em que há gasto de 1 ATP por NADH. Como são 2 NADH produzidos na glicólise por molécula de glicose, o gasto total é de 2 ATP.

Desse modo, dependendo do tipo de célula eucariótica, o saldo total de ATP na respiração aeróbia pode ser de 36 ou 38 ATP (Fig. 11.30).

Nos procariontes, como não há mitocôndrias, o processo inteiro da respiração ocorre no citoplasma e na face citoplasmática da membrana celular. Nesse caso, o rendimento energético total da respiração é de 38 moléculas de ATP para cada molécula de glicose degradada.

Visão geral do processo respiratório Resumo do saldo em ATP	
Etapa	Saldo em ATP
Glicólise	2
Ciclo de Krebs	2
Cadeia respiratória e fosforilação oxidativa	32 ou 34
Total	36 ou 38

Figura 11.30. Quadro com saldo em ATP nas etapas do processo respiratório.

6. Fermentação

A fermentação é um processo anaeróbio (não utiliza gás oxigênio) de síntese de ATP e não envolve cadeia respiratória. Na fermentação, o aceptor final de hidrogênios é um composto orgânico.

Algumas bactérias realizam só a fermentação, enquanto outras realizam só a respiração anaeróbia. Para algumas bactérias anaeróbias, o gás oxigênio é letal, e elas só ocorrem em ambientes muito particulares, como solos profundos e regiões onde o teor de O_2 é praticamente zero. Esses organismos são chamados anaeróbios estritos. Um exemplo é o bacilo causador do tétano (*Clostridium tetani*).

Há, no entanto, seres anaeróbios facultativos, que realizam a fermentação na ausência de O_2 e a respiração aeróbia na presença desse gás. É o caso de certos fungos, como *Saccharomyces cerevisiae* (levedura), e de muitas bactérias.

Na fermentação, a glicose é degradada parcialmente, na ausência de oxigênio, em substâncias orgânicas mais simples, como o ácido láctico (**fermentação**

Apesar de esses valores serem os mais tradicionalmente aceitos como rendimento da respiração, estudos recentes indicam que eles podem não ser definitivos. Outras medidas, que têm sido consideradas mais precisas, vêm demonstrando que na oxidação são necessários 2 NADH para formar 5 ATP e 2 $FADH_2$ para formar 3 ATP na cadeia respiratória, o que dá apenas 2,5 ATP por NADH e 1,5 ATP por $FADH_2$.

Com esses novos dados, o total modifica-se, como calculado a seguir:

No citosol (glicólise):

- 2 NADH $\longrightarrow$ 5 ATP, sendo que 2 ATP podem ser usados na entrada desses NADH na mitocôndria
- 2 ATP formados diretamente

Saldo: 5 ou 7 ATP

Na mitocôndria (formação de acetil-CoA e ciclo de Krebs):

- 8 NADH $\longrightarrow$ 20 ATP
- 2 $FADH_2$ $\longrightarrow$ 3 ATP
- 2 ATP

Saldo: 25 ATP

Assim sendo, o total de moléculas de ATP produzidas por molécula de glicose degradada poderá ser de 30 ou 32.

lática) e o álcool etílico (**fermentação alcoólica**). Nesses processos, há um saldo de apenas 2 moléculas de ATP por molécula de glicose degradada. Portanto, o ganho energético é maior na respiração aeróbia do que na fermentação.

A fermentação ocorre no citosol. Inicialmente acontece a glicólise, quando a molécula de glicose é degradada em dois piruvatos, cada um com três carbonos, com saldo de 2 ATP. Essa etapa é comum tanto para a fermentação como para a respiração.

6.1. Fermentação láctica

Na fermentação láctica, o piruvato é transformado em ácido láctico pela utilização de íons hidrogênio transportados pelos NADH formados na glicólise. Não há liberação de CO_2 .

A fermentação láctica é realizada por algumas bactérias, alguns protozoários e fungos e por células do tecido muscular humano.

Quando uma pessoa realiza atividade física muito intensa, há insuficiência de gás oxigênio para manter a respiração celular nos músculos e liberar a energia necessária. Nesses casos, as células degradam anaerobiamente a glicose em ácido lático. Cessada a atividade física, o ácido lático formado é transformado novamente em piruvato, que continua a ser degradado pelo processo aeróbio (Fig. 11.31).

A indústria alimentícia emprega a atividade de fermentação láctica das bactérias na produção de vários alimentos, como queijos, coalhadas e iogurtes.

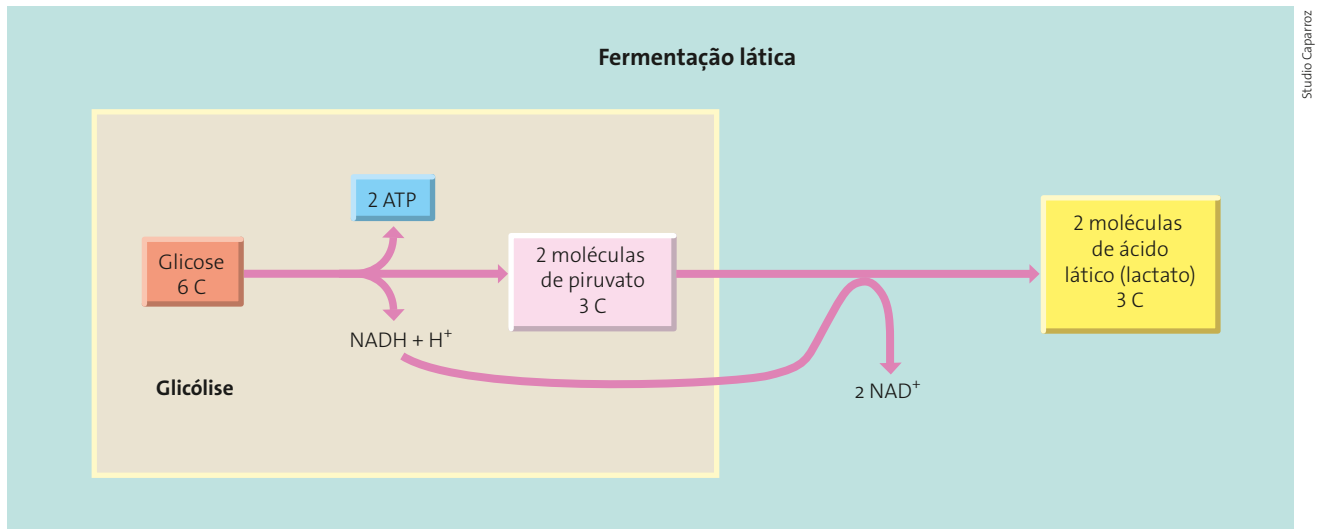


Figura 11.31. Esquema de fermentação láctica.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas a sugestão de atividade extra intitulada “Fermentação de carboidrato por *Saccharomyces cerevisiae* – liberação de CO₂”, que pode ser realizada neste momento.

6.2. Fermentação alcoólica

Na fermentação alcoólica, inicialmente o piruvato libera uma molécula de CO₂, formando um composto com dois carbonos que sofre redução pelo NADH, originando álcool etílico (Fig. 11.32).

A fermentação alcoólica ocorre principalmente em bactérias e leveduras. Entre as leveduras, que são fungos microscópicos, a espécie *Saccharomyces cerevisiae* é utilizada na produção de bebidas alcoólicas. Esse levedo transforma suco de uva em vinho e suco de cevada em cerveja. O suco de cana-de-açúcar fermentado e destilado produz o álcool etílico (etanol), usado como combustível ou na produção de aguardente.

O levedo também é empregado para fazer pão. Nesse caso, o CO₂ produzido por fermentação fica armazenado no interior da massa, em pequenas câmaras, fazendo-a crescer. Ao assar a massa, as paredes dessas câmaras se enrijecem, mantendo a estrutura alveolar.

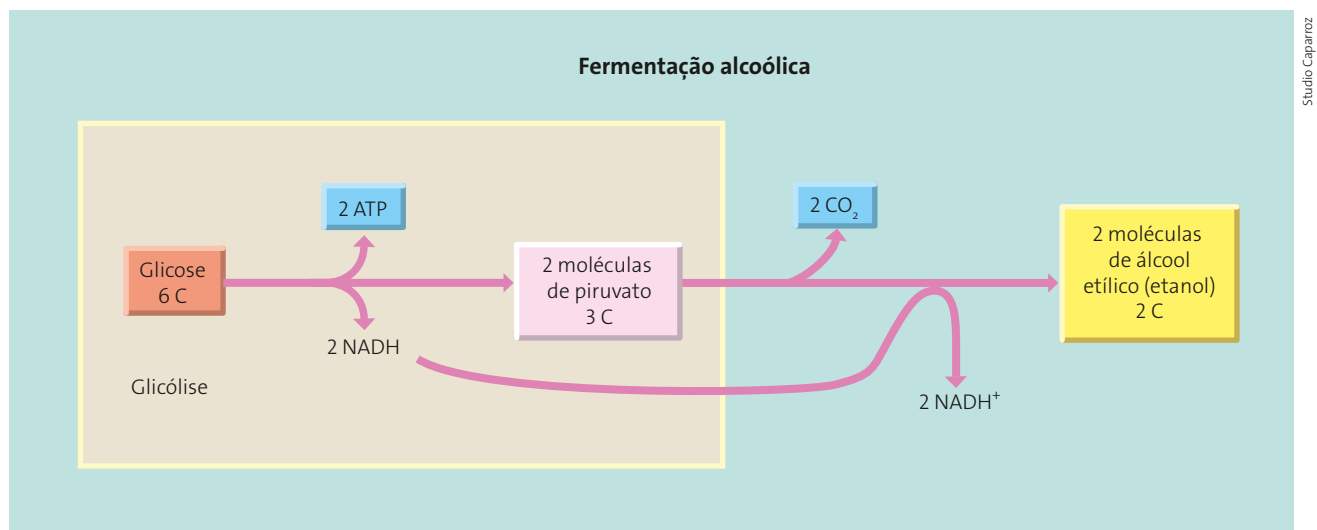


Figura 11.32. Esquema de fermentação alcoólica.



Tema para discussão

Professor(a): 1. Há possibilidade de se trabalhar noções de cidadania e despertar nos estudantes o interesse de divulgar conhecimentos, com o objetivo de melhorar a qualidade de vida e as condições humanas em sua comunidade, sobre a importância da atividade física orientada para se ter uma vida saudável. Estimule-os a elaborar algum material de divulgação, como folhetos. 2. Veja nas Orientações didáticas sugestões de como trabalhar esse tema com a disciplina de Educação Física.

Como adquirir um bom condicionamento físico

Você já deve ter ouvido falar que fazer ginástica é saudável e importante para nossa saúde física e mental. Vamos ver fisiologicamente por quê.

Para melhorar nosso condicionamento físico sem causar danos ao corpo, devemos aumentar gradual e progressivamente a intensidade, a frequência e a duração de uma atividade física. Não devemos iniciar um programa de atividade física fazendo muito esforço de uma só vez.

Toda ginástica deve ser praticada sob orientação de profissionais capacitados, caso contrário a atividade física pode ser prejudicial à saúde, e não benéfica.

Com um programa bem orientado, verifica-se um aumento da capacidade do corpo em utilizar o gás oxigênio para queimar o glicogênio das células musculares. Com isso, aos poucos, a pessoa vai conseguindo executar a atividade física com mais eficiência.

Esse aumento na capacidade de utilizar o oxigênio está relacionado principalmente a dois fatores:

1. O coração passa a bombear mais sangue por minuto. Isso é conseguido porque há aumento na quantidade de sangue que é bombeada em cada contração do coração. Pessoas com bom condicionamento físico, quando estão em repouso, apresentam frequência de batimentos cardíacos menor do que a de pessoas que não costumam praticar atividade física. Atletas maratonistas, por exemplo, apresentam, em média, 45 pulsações por minuto quando em repouso, enquanto a média na população não treinada é de 70 pulsações por minuto. Essas pessoas bem treinadas desenvolveram, ao longo do tempo, a musculatura cardíaca, que se tornou capaz de bombear mais sangue por minuto. Por causa disso, quando estão fazendo atividade física, a pulsação não aumenta tanto quanto a de uma pessoa sedentária que resolve correr sem preparo anterior.
2. Os músculos esqueléticos de uma pessoa treinada são capazes de extrair mais gás oxigênio do sangue. Isso porque com a atividade física as mitocôndrias das células musculares tornam-se mais numerosas e maiores e há aumento da quantidade de mioglobina (proteína capaz de armazenar oxigênio nos músculos) e do número de capilares sanguíneos nos músculos.

Esses fatores atuam em conjunto e nós não conseguimos fazer com que isso tudo ocorra em nosso corpo de uma hora para outra. Por isso, a atividade física deve ser intensificada gradualmente, até que se chegue ao preparo físico desejado.

A atividade física bem orientada contribui para uma vida saudável, pois exerce um forte efeito positivo sobre o coração e os vasos sanguíneos. Além disso, contribui para que se tenha uma vida mais longa e com menos doenças.

A saúde mental também se beneficia da atividade física. Pode parecer contraditório, mas a atividade física relaxa o nosso corpo. Durante os exercícios, há estímulo para aumentar a produção de uma substância chamada endorfina, produzida no sistema nervoso central (na glândula hipófise e em outras regiões do encéfalo). Essa substância atua no nosso corpo diminuindo a dor e nos dando sensação de bem-estar. Os exercícios são recomendados inclusive como um dos tratamentos contra a depressão.

Assim, devemos organizar nossa vida no sentido de praticar esportes, ou qualquer atividade física bem orientada e com regularidade. Só temos a lucrar com isso.



As atividades físicas, como a corrida, devem ser praticadas preferencialmente com orientação de um profissional.

Blend RF / Erik Isaks / Diomedia

1. No mundo de hoje, as pessoas estão se tornando cada vez mais sedentárias e, por isso, é fundamental que se esclareça o porquê da recomendação de atividade física. Discuta em classe a importância de essa atividade física ser bem orientada e por que ela contribui para o bem-estar físico e mental de nosso corpo.
2. Como atividade em grupo, elabore materiais de divulgação sobre o tema “condicionamento físico”. Adicione as informações que foram discutidas em classe e conhecimentos adquiridos nas aulas de Educação Física.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Retomando

Neste capítulo, você aprendeu sobre como a energia entra nas cadeias alimentares e como ela é utilizada pelos organismos. Relacione o que você aprendeu aqui com aquilo que já estudou e verifique o que você mudaria nas respostas que deu às questões da seção **Pense nisso** deste capítulo.



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO

Atividade 1 Fotossíntese e mudanças climáticas Habilidades do Enem: H2, H4, H9, H19, H27.

Leia o trecho a seguir, extraído de um artigo publicado na revista *Science* e divulgado pela Agência Fapesp:

Professor(a), essa atividade propicia ampla discussão sobre cidadania. Caso seja possível, recomende aos estudantes que ampliem a pesquisa

Seca ameaça sequestro de carbono na Amazônia a respeito do tema e apresentem os resultados em um *blog* ou

[...] Durante anos, a Amazônia tem ajudado a reduzir a velocidade das mudanças climáticas, mas confiar nesse “subsídio” da natureza é extremamente perigoso, disse Oliver Phillips, professor da Universidade de Leeds, no Reino Unido, que coordenou o estudo. em rede social, de modo a que possam estender a discussão para outras turmas da escola.

[...] Se o sequestro de carbono realizado pelo planeta diminuir, ou se, em vez de sequestrar carbono as áreas de florestas emitirem, os níveis de dióxido de carbono aumentarão em uma velocidade maior.

O estudo [...] teve como base a extraordinária seca que afetou a Amazônia em 2005 [...].

Normalmente, a floresta absorve quase 2 bilhões de toneladas de dióxido de carbono por ano, mas a seca em 2005 causou perda de mais de 3 bilhões de toneladas.

Visualmente, a maior parte da floresta parecia pouco afetada pela seca, mas nossos dados mostram que a taxa de mortalidade de árvores aumentou. Devido à imensa dimensão da região amazônica, mesmo uma pequena alteração ecológica pode provocar um grande impacto no ciclo global do carbono, disse Phillips.

Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/seca_ameaca_sequestro_de_carbono_na_amazonia_/10183/>. Acesso em: mar. 2016.

Com base no que foi apresentado e nos seus conhecimentos a respeito do assunto, responda:

- a) O que é sequestro de carbono?
- b) Sugira soluções para reduzir a emissão de gás carbônico na atmosfera.
- c) Como a seca pode afetar as taxas de carbono disponíveis na atmosfera?

Atividade 2 Mitocôndrias e atividade metabólica Habilidades do Enem: H3, H13, H14.

Acompanhe o trecho extraído da matéria “Mitocôndria, um E.T. na célula”, publicada na revista *Superinteressante*, edição 76, de 1994:

Células mais ativas possuem um número maior de mitocôndrias. As do fígado, por exemplo, que trabalham exaustivamente na degradação de substâncias, possuem até 2000 mitocôndrias, ocupando cerca de um quinto do seu volume. Em média, porém, uma célula tem entre 100 e 150 dessas organelas em seu interior.

Responda:

- a) Por que células mais ativas apresentam mais mitocôndrias?
- b) Por que o título da matéria se refere à mitocôndria como um E.T. na célula?

Atividade 3 Fermentação e combustível renovável Habilidades do Enem: H2, H8, H9, H10, H12, H25, H26, H29.

A adição de álcool proveniente da cana-de-açúcar na gasolina teve início na segunda metade do século passado, com o lançamento do Programa Nacional do Álcool (Pró-Álcool). Com isso, o Brasil tornou-se pioneiro no uso de combustíveis renováveis.

Atualmente, o uso do etanol como combustível vem sendo amplamente discutido em todo o mundo, pois esse tipo de energia é, de certa forma, considerado limpo. Isso se deve ao fato de a produção de álcool não disponibilizar o carbono – que já estava no subsolo há milhões de anos – para a atmosfera. Desse modo, a utilização desse combustível evita um incremento na acumulação de gases do efeito estufa.

Responda:

- a) A produção do etanol envolve processos extremamente importantes. Faça um esquema em seu caderno indicando esses processos e a participação do carbono em cada um deles.
- b) De que maneira o carbono, presente no subsolo há milhões de anos, é disponibilizado na atmosfera? O texto faz referência a que tipo de combustível?
- c) Embora a produção do etanol proporcione os benefícios já comentados, estima-se que exista um grande viés ambiental associado às produções em larga escala. Que viés é esse? Comente.

Professor(a), o item c dessa atividade propicia ampla discussão sobre cidadania e ética. Caso seja possível, recomende aos estudantes que pesquisem sobre o tema e coloquem os resultados, assim como suas opiniões, em um *blog* ou em rede social.

Atividade 4 Amido e fotossíntese

Habilidades do Enem: H1, H8, H15, H22, H29.

Um estudante de Biologia montou um experimento para comprovar a relação entre o comprimento de onda da luz e a fotossíntese. Selecionou três plantas envasadas da mesma espécie e idade. Cada uma foi colocada dentro de uma pequena estufa, com condições idênticas de umidade e concentração de gases. Na estufa 1, a planta foi exposta à luz branca; na estufa 2, a planta foi exposta à luz vermelha, com uso de uma lâmpada especial; na estufa 3, a luz emitida pela lâmpada era verde. Depois de alguns dias, o estudante analisou a quantidade de amido armazenado nas folhas das três plantas. Responda:

- a) O procedimento de analisar a quantidade de amido nas folhas é válido para avaliar a taxa de fotossíntese? Por quê?
- b) Qual pode ter sido a hipótese elaborada pelo estudante antes de montar o experimento?
- c) Se você fosse o estudante, que resultados esperaria observar? Justifique sua resposta.



Testes

1. (Enem) A fotossíntese é importante para a vida na Terra. Nos cloroplastos dos organismos fotossintetizantes, a energia solar é convertida em energia química que, juntamente com água e gás carbônico (CO_2), é utilizada para a síntese de compostos orgânicos (carboidratos). A fotossíntese é o único processo de importância biológica capaz de realizar essa conversão. Todos os organismos, incluindo os produtores, aproveitam a energia armazenada nos carboidratos para impulsionar os processos celulares, liberando CO_2 para a atmosfera e água para a célula por meio da respiração celular. Além disso, grande fração dos recursos energéticos do planeta, produzidos tanto no presente (biomassa) como em tempos remotos (combustível fóssil), é resultante da atividade fotossintética.

As informações sobre obtenção e transformação dos recursos naturais por meio dos processos

vitais de fotossíntese e respiração, descritas no texto, permitem concluir que:

- a) o CO_2 e a água são moléculas de alto teor energético.
 - b) os carboidratos convertem energia solar em energia química.
 - x c) a vida na Terra depende, em última análise, da energia proveniente do Sol.
 - d) o processo respiratório é responsável pela retirada de carbono da atmosfera.
 - e) a produção de biomassa e de combustível fóssil, por si, é responsável pelo aumento de CO_2 atmosférico.
2. (Enem) Considere a situação em que foram realizados dois experimentos, designados de experimentos **A** e **B**, com dois tipos celulares, denominados células **1** e **2**. No experimento **A**, as

células **1** e **2** foram colocadas em uma solução aquosa contendo cloreto de sódio (NaCl) e glicose (C₆H₁₂O₆), com baixa concentração de oxigênio. No experimento **B** foi fornecida às células **1** e **2** a mesma solução, porém com alta concentração de oxigênio, semelhante à atmosférica. Ao final do experimento, mediu-se a concentração de glicose na solução extracelular em cada uma das quatro situações. Este experimento está representado no quadro a seguir. Foi observado no experimento **A** que a concentração de glicose na solução que banhava as células **1** era maior que a da solução contendo as células **2** e esta era menor que a concentração inicial. No experimento **B**, foi observado que a concentração de glicose na solução das células **1** era igual à das células **2** e esta era idêntica à observada no experimento **A**, para as células **2**, ao final do experimento.

Experimento A		Experimento B	
Células 1	Células 2	Células 1	Células 2
NaCl e glicose Baixa concentração de oxigênio		NaCl e glicose Alta concentração de oxigênio	

Pela interpretação do experimento descrito, pode-se observar que o metabolismo das células estudadas está relacionado às condições empregadas no experimento, visto que as

- x a) células 1 realizam metabolismo aeróbio.
 - b) células 1 são incapazes de consumir glicose.
 - c) células 2 consomem mais oxigênio que as células 1.
 - d) células 2 têm maior demanda de energia que as células 1.
 - e) células 1 e 2 obtiveram energia a partir de substratos diferentes.
- 3.** (Enem) Há milhares de anos o homem faz uso da biotecnologia para a produção de alimentos como pães, cervejas e vinhos. Na fabricação de pães, por exemplo, são usados fungos unicelulares, chamados de leveduras, que são comercializados como fermento biológico. Eles são usados para promover o crescimento da massa, deixando-a leve e macia. O crescimento da massa do pão pelo processo citado é resultante da:
- x a) liberação de gás carbônico.
 - b) formação de ácido lático.
 - c) formação de água.
 - d) produção de ATP.
 - e) liberação de calor.

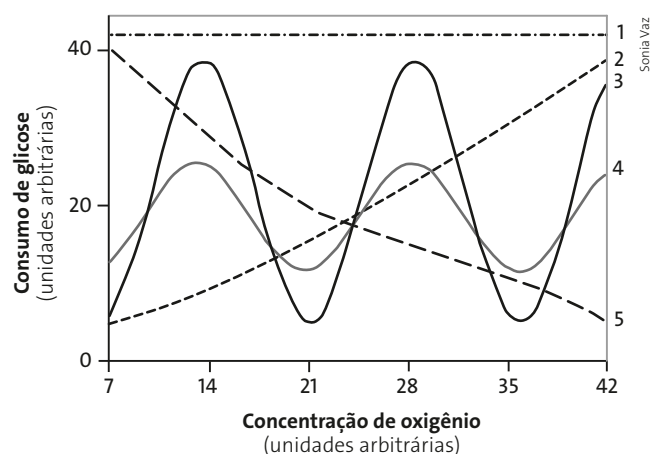
4. (Ufes) Quando se fala em fluxo de energia no interior de uma célula, algumas moléculas como a glicose e o ATP (trifosfato de adenosina) têm papel de destaque. Considerem-se as seguintes afirmativas.

- I. A incorporação do fosfato inorgânico ao ADP (difosfato de adenosina), com consumo de oxigênio e armazenamento da energia proveniente da degradação de moléculas orgânicas, chama-se fosforilação oxidativa.
- II. Na realização de trabalho celular, a energia vem da hidrólise do ATP, que resulta em ADP e fosfato inorgânico.
- III. No processo de fotofosforilação, a energia liberada pelos elétrons excitados por fótons de luz permite a incorporação do fosfato inorgânico ao ADP produzindo ATP.

Conclui-se que:

- a) apenas I e II estão corretas.
- b) apenas I e III estão corretas.
- c) apenas II e III estão corretas.
- d) apenas II está correta.
- x e) I, II e III estão corretas.

5. (Enem) Normalmente, as células do organismo humano realizam a respiração aeróbica, na qual o consumo de uma molécula de glicose gera 38 moléculas de ATP. Contudo em condições anaeróbicas, o consumo de uma molécula de glicose pelas células é capaz de gerar apenas duas moléculas de ATP.



Qual curva representa o perfil de consumo de glicose, para manutenção da homeostase de uma célula que inicialmente está em uma condição anaeróbica e é submetida a um aumento gradual de concentração de oxigênio?

- a) 1
- b) 2
- c) 3
- d) 4
- x e) 5

Núcleo, divisões celulares e reprodução

Ed Reschke/Oxford Scientific/Getty Images



Figura 12.1. Entender a estrutura do núcleo e como os processos de divisão celular ocorrem nos eucariontes fornece os princípios básicos da perpetuação desses organismos. Todos dependem da reprodução, seja assexuada ou sexuada. Além disso, os multicelulares dependem da divisão celular para o crescimento e a reposição das células que morrem naturalmente. Essa fotomicrografia colorida artificialmente mostra, na célula central em destaque, o momento quase final da divisão de uma célula de raiz de cebola em duas células-filhas, que têm o mesmo material genético da célula inicial. Nesta imagem, notam-se os cromossomos, condensados, em processo de separação, migrando para lados opostos da célula. Fotomicrografia de células de cebola, ampliação de cerca de 3 500 vezes.



Pense nisso

- As células eucarióticas possuem membrana, citoplasma e núcleo. Sabendo que muitas das situações que ocorrem no citoplasma provêm de informações que estão no núcleo, elabore um modelo que explique a comunicação do núcleo com o citoplasma.
- Cada espécie possui um número típico de pares de cromossomos em suas células. Na espécie humana, esse número é de 23 pares ou 46 cromossomos. Quantos cromossomos temos em uma célula do nosso fígado? E do cérebro? E em um gameta?
- Elabore um modelo para mostrar como uma célula se divide, explicando o que acontece com o núcleo.

1. Núcleo

O núcleo é uma estrutura presente nas células eucarióticas e é constituído pelo envelope nuclear (ou carioteca), pelo nucleoplasma, pela cromatina e pelo nucléolo. Geralmente, o núcleo é arredondado, mas existem núcleos com outras formas. De maneira geral, o formato do núcleo é relativamente constante para cada tipo de célula. A maioria das células eucarióticas é mononucleada (apresenta apenas um núcleo), mas existem células binucleadas, multinucleadas e até mesmo anucleadas (Fig. 12.2).

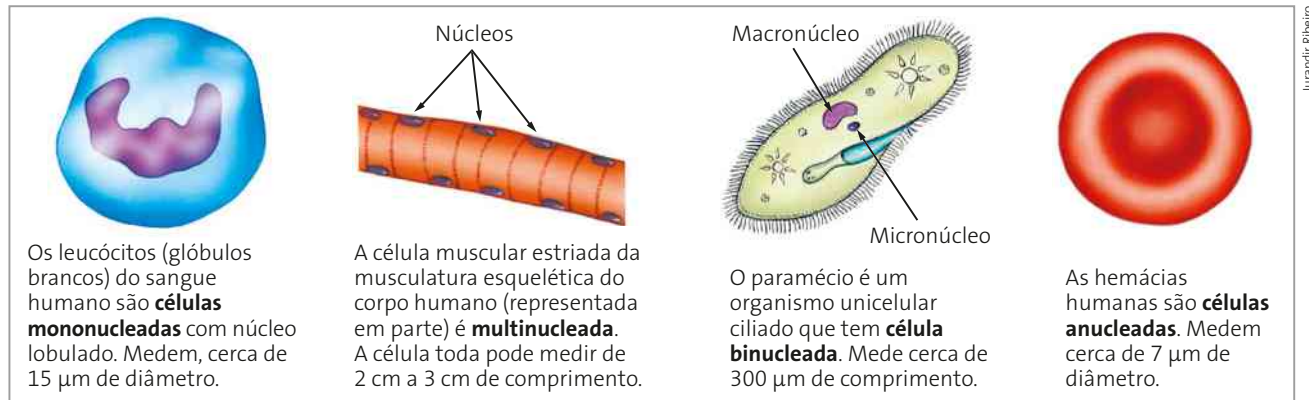


Figura 12.2. Esquema de quatro tipos celulares. O formato, o tamanho e o número de núcleos são características que variam nos diferentes tipos de célula. No caso da célula muscular, representou-se apenas um segmento dela. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Despertando ideias

REGISTRE
NO CADERNO

A importância do núcleo

Analise os dois experimentos a seguir, que visam demonstrar o papel do núcleo.

Experimento 1: uma alga marinha unicelular do gênero *Acetabularia* é cortada em duas partes: a parte que ficou com o núcleo cresce e regenera o pedaço que foi cortado. Já a parte que ficou sem núcleo acaba morrendo (Fig. 12.3).

Experimento 2: uma ameba, organismo unicelular, tem parte de seu citoplasma cortado. Uma parte da célula fica com o núcleo e a outra, sem o núcleo. A que ficou com o núcleo cresce e se divide e a outra vive um curto período de tempo, não cresce e morre (Fig. 12.4).

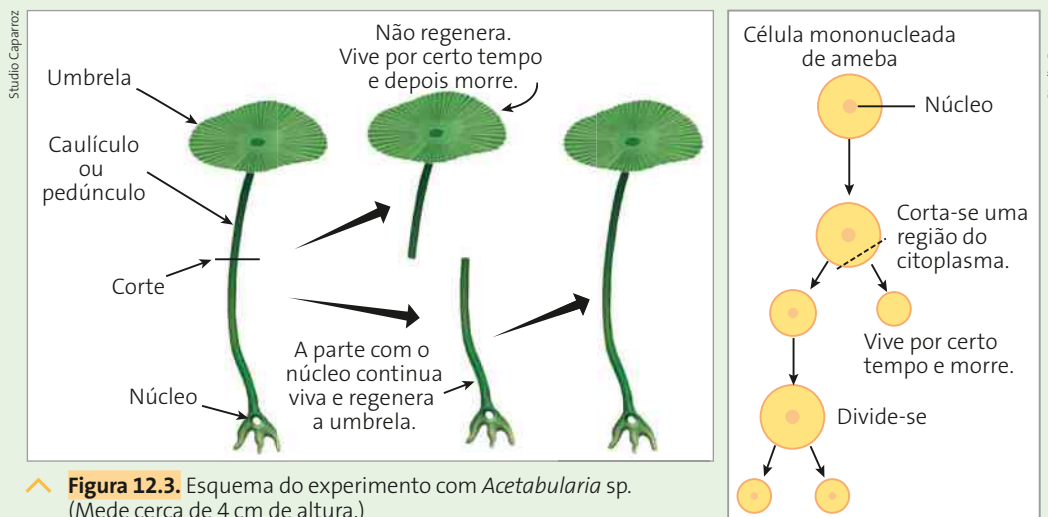


Figura 12.3. Esquema do experimento com *Acetabularia* sp. (Mede cerca de 4 cm de altura.)

Figura 12.4. Esquema do experimento com ameba (mede cerca de 100 μm de diâmetro). (Cores fantasia.)

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Com base nesses experimentos, o que se pode dizer sobre a importância do núcleo para a célula?
2. Com base em sua resposta, escreva uma sentença sobre a importância do núcleo para as células.

As células anucleadas vivem por um certo tempo e não se dividem, pois no núcleo está o material genético (DNA), responsável pelo comando das atividades vitais e pela reprodução. As hemácias, por exemplo, não se dividem e morrem depois de cerca de 120 dias no sangue. A reposição das hemácias é feita a partir da divisão de células nucleadas da medula óssea vermelha. Essas células perdem o núcleo, dando origem às hemácias.

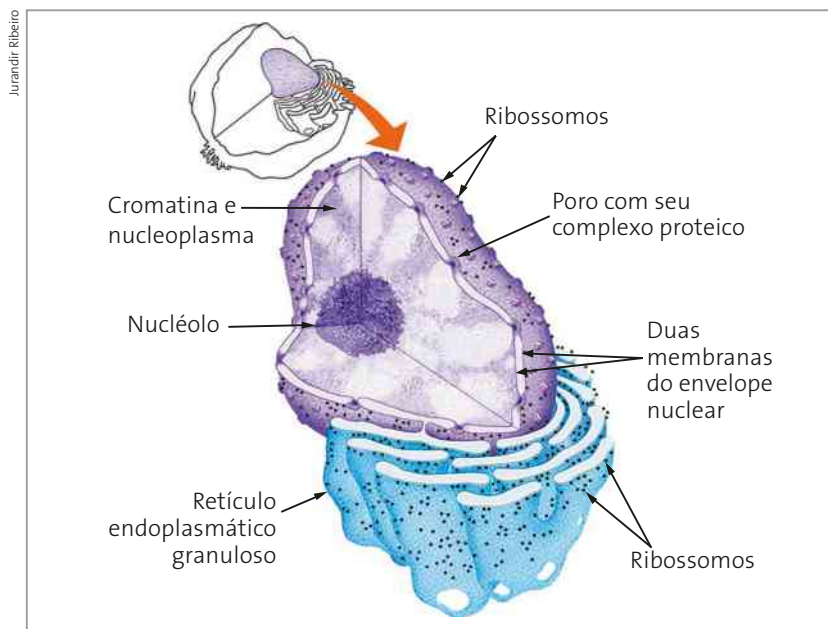
Além de comandar o processo de divisão celular, o núcleo é responsável também por coordenar todas as demais funções celulares.

2. Envelope nuclear

O envelope nuclear, também chamado de carioteca ou envoltório nuclear, separa o material nuclear do citoplasma (Fig. 12.5). É formado por duas membranas lipoproteicas, cada uma delas com organização estrutural semelhante à das demais membranas celulares. Entre essas membranas existe um espaço denominado **espaço perinuclear**.

A membrana externa do envelope nuclear conecta-se ao retículo endoplasmático granuloso e, como ele, apresenta ribossomos aderidos em sua superfície.

O envelope nuclear apresenta **poros** ou *annuli*, delimitando espaços através dos quais ocorrem trocas de substâncias entre núcleo e citoplasma. Em cada poro há um complexo de proteínas que regula a entrada e a saída de substâncias, de modo que há controle sobre o que entra e o que sai do núcleo.



< **Figura 12.5.** Esquema de célula animal com parte da célula removida, destacando o núcleo, o nucléolo e o envelope nuclear. Em azul, está representado o retículo endoplasmático granuloso. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

3. Nucleoplasma e cromatina

O **nucleoplasma** é constituído de substâncias (íons, vários tipos de enzimas, moléculas de ATP) dissolvidas em água.

O termo **cromatina** é derivado do grego *chroma*, que significa cor, e foi empregado logo no início do estudo das células, quando os cientistas verificaram que o núcleo se tingia com determinados tipos de corantes básicos. Hoje se sabe que a cromatina consiste em DNA associado a proteínas histonas (núcleo-proteínas) e é o material que forma cada um dos **cromossomos**.

Ao longo das moléculas de DNA estão os genes, responsáveis pelas características hereditárias. Cada gene é transcrito em moléculas de RNA que passam

pelos poros do envelope nuclear para o citoplasma, onde participam da síntese de proteínas.

É na interfase, período em que a célula não está em divisão, que ocorre a transcrição de genes. Nessa fase, os cromossomos se apresentam como fios muito longos e finos, não visíveis individualmente. Somente quando a célula entra em divisão é possível ver os cromossomos individualizados, pois ocorre a sua condensação, de modo a formar uma estrutura mais curta e espessa. Assim condensada, a molécula de DNA do cromossomo deixa de ser transcrita e conseqüentemente cessa a produção de novas moléculas de RNA.

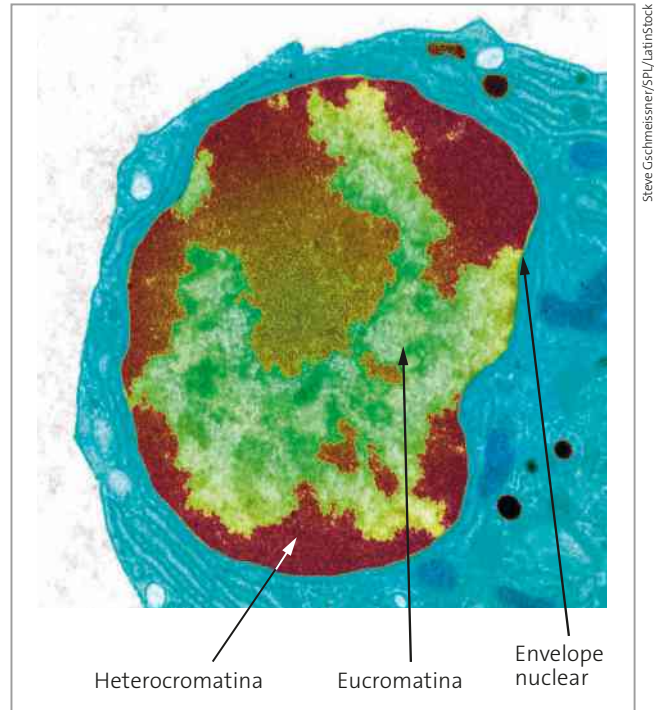
Professor(a), no volume 3 desta coleção aprofundaremos o estudo sobre o conceito de gene, transcrição e tradução. Preferimos neste volume restringir o tema ao núcleo de modo geral, divisões celulares e reprodução.

Observando ao microscópio cortes corados de núcleo interfásico, verificam-se dois tipos básicos de cromatina: a **heterocromatina**, que corresponde a regiões mais coradas da cromatina, pois os filamentos estão mais condensados, e a **eucromatina**, que corresponde a regiões menos coradas, pois os filamentos estão menos condensados (Fig. 12.6). A eucromatina corresponde aos locais onde os genes estão ativos.

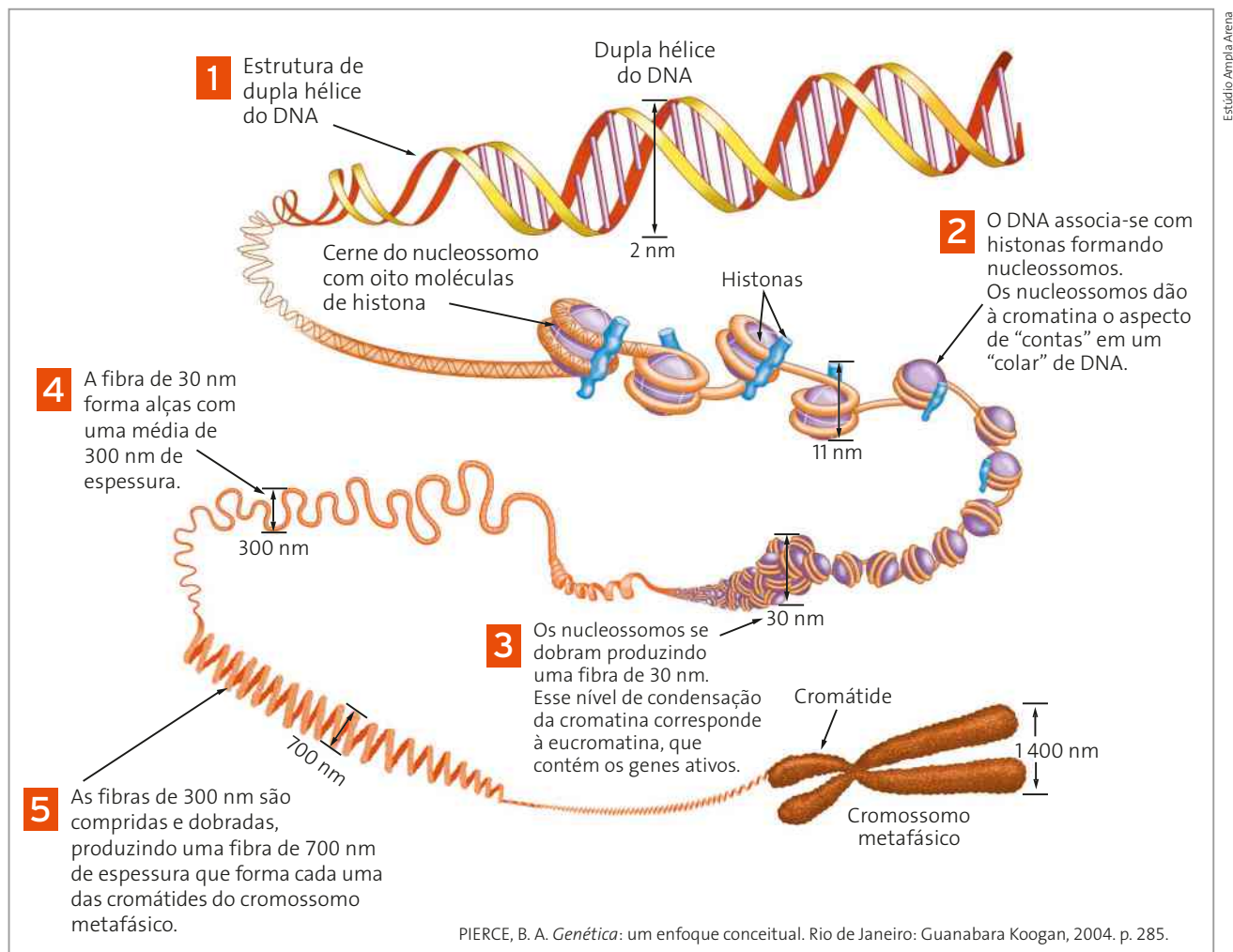
Antes de a célula entrar em divisão, ocorre a duplicação da molécula de DNA e cada cromossomo passa a ser formado por duas moléculas de DNA unidas em um local. Cada metade do cromossomo recebe o nome de **cromátide**.

Ao longo das diferentes fases da interfase e da divisão da célula, a cromatina passa por modificações em sua aparência e função (Fig. 12.7).

Figura 12.6. Eletromicrografia de transmissão de célula animal com destaque para o núcleo interfásico. O diâmetro do núcleo é de cerca de 5 μm . (Cores artificiais.)



Steve Gschmeissner/SPL/LatinoStock



Estúdio Ampla Arena

Figura 12.7. Esquema mostrando a complexidade de organização da cromatina. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.) Professor(a), sugerimos visita ao site <http://genoma.ib.usp.br/?page_id=1438>; acesso em: mar. 2016.

4. Nucléolo

Há no interior do núcleo uma região mais densa, não delimitada por membrana, que se cora mais intensamente com corantes básicos. Essa região corresponde ao **nucléolo**, local de intensa transcrição de um dos tipos de ácido nucleico: o ácido ribonucleico ribossômico (RNAr). Essa síntese ocorre em certas regiões de determinados cromossomos, denominadas **regiões organizadoras do nucléolo**, onde estão os genes responsáveis por esse processo.

Logo após sua síntese, o RNAr associa-se a proteínas, formando grãos de ribonucleoproteínas, que compõem os **ribossomos**. Esses grãos permanecem por algum tempo próximos ao local de sua síntese e depois saem do núcleo em direção ao citoplasma, passando através dos poros do envelope nuclear. Enquanto isso, novos grãos vão sendo formados no nucléolo, repondo os que estão saindo do núcleo. O nucléolo corresponde, portanto, a uma região de grande concentração de ribonucleoproteínas e de RNAr (Fig. 12.8).

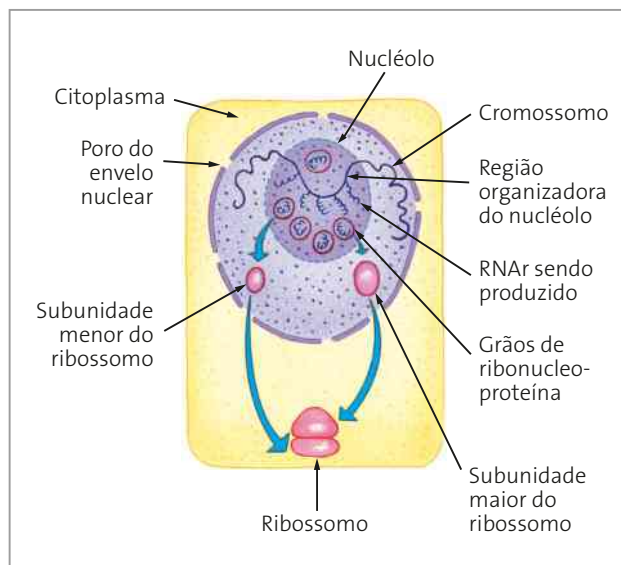


Figura 12.8. Esquema da organização do nucléolo e da formação de ribossomos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

5. Divisão celular: noções gerais

Vamos analisar agora o que acontece com o núcleo e com a célula como um todo nos processos de divisão. Nos eucariontes existem dois tipos de divisão celular:

- **mitose** — uma célula dá origem a duas outras com o mesmo número de cromossomos da célula inicial. É o tipo de divisão realizado quando há reprodução assexuada e que ocorre no crescimento dos organismos multicelulares e na regeneração de tecidos;
- **meiose** — uma célula dá origem a quatro, cada uma com a metade do número de cromossomos da célula inicial. Os gametas, na maioria dos casos, são formados por esse processo.

De acordo com o número de cromossomos, as células podem ser diploides ou haploides.

As células **diploides** possuem pares de cromossomos homólogos e são representadas por $2n$.

As células **haploides** possuem apenas um dos cromossomos de cada par de homólogos; essas células são representadas por n (Fig. 12.9).

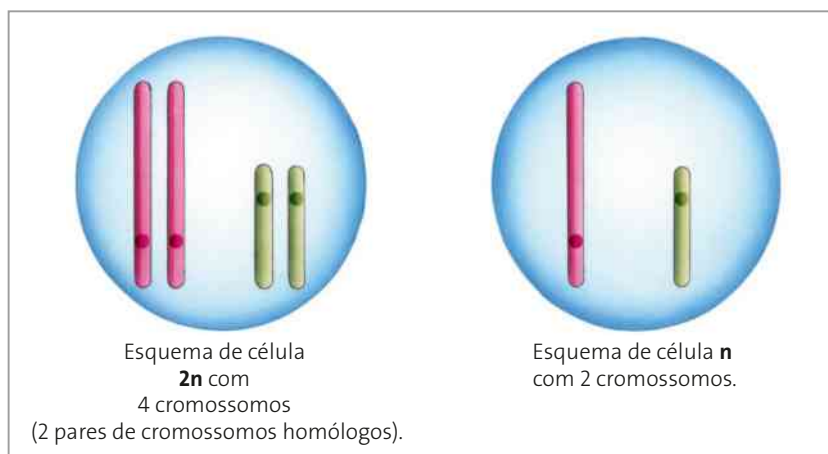


Figura 12.9. Representação simplificada de uma célula diploide e de uma célula haploide, com destaque apenas para os cromossomos. (Cores fantasia.)

Os cromossomos homólogos possuem genes relacionados aos mesmos caracteres, situados em posições correspondentes. O lugar que cada gene ocupa nos cromossomos chama-se **loco** (do latim: *locus* = lugar) **gênico**. Assim, os cromossomos homólogos apresentam a mesma sequência de locos gênicos.

Na mitose, uma célula **2n** dá origem a duas células **2n**, ou uma célula **n** dá origem a duas células **n**. Na meiose, uma célula **2n** origina quatro células **n** (Fig. 12.10).

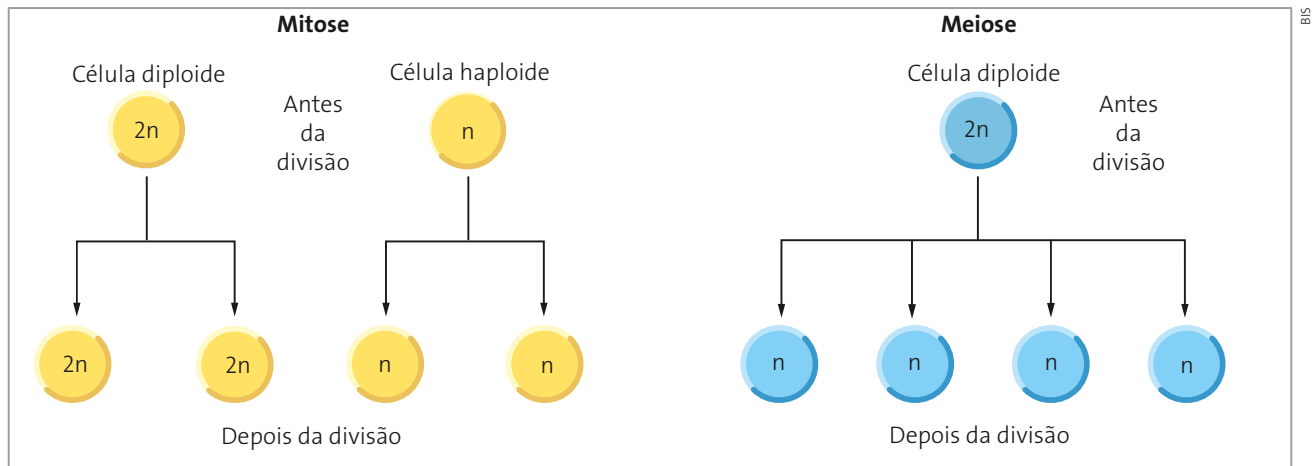


Figura 12.10. Esquema de mitose e meiose, mostrando apenas as células iniciais e as resultantes desses processos.

Na espécie humana, por exemplo, as células que formam o corpo (células **somáticas**) são diploides, e as células que se destinam à perpetuação da espécie (**gametas**) são haploides.

Cada espécie de ser vivo possui um número típico de cromossomos em suas células. Na espécie humana, as células somáticas têm 46 cromossomos cada uma, distribuídos em 23 pares de cromossomos homólogos. Ao sofrer mitose, cada célula origina duas com 23 pares de cromossomos homólogos, mantendo, portanto, o número de cromossomos da célula inicial.

Na formação de gametas (ou células sexuais), uma célula inicial diploide com 46 cromossomos sofre meiose e os cromossomos homólogos se separam. Assim, cada célula origina quatro com metade do número de cromossomos da célula inicial, isto é, 23 cromossomos cada uma. Quando ocorre a fecundação, um óvulo e um espermatozoide se unem, recompondo o número diploide da espécie: 46 cromossomos ou 23 pares de homólogos (Fig. 12.11).

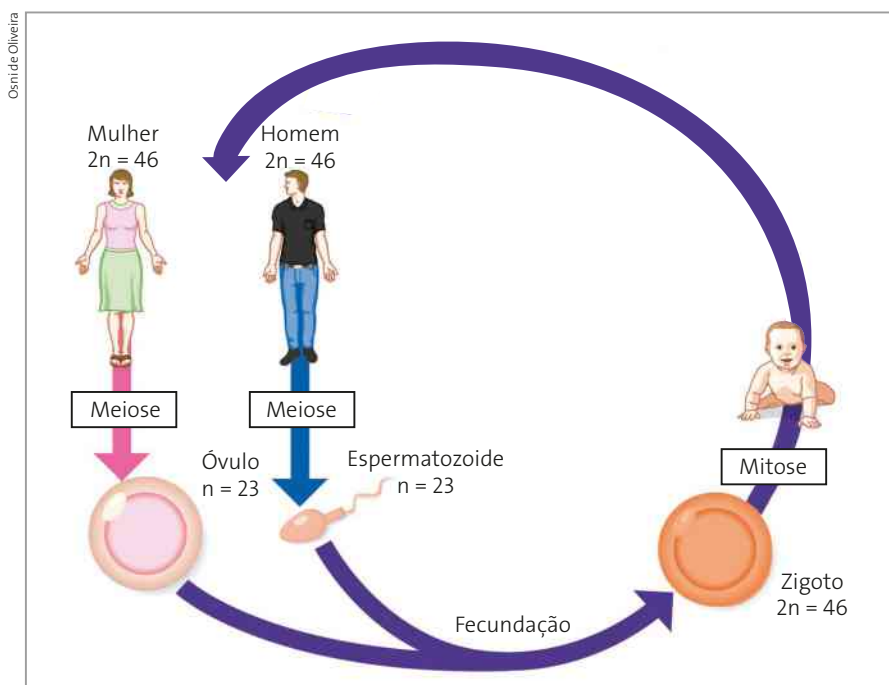


Figura 12.11. Esquema de ciclo reprodutivo da espécie humana. A meiose dá origem a gametas com um cromossomo de cada par de homólogos. Na fecundação, os gametas unem-se, restabelecendo o número 2n, típico da espécie. O zigoto sofre várias mitoses, originando um novo indivíduo, que cresce e pode se reproduzir sexuadamente, dando continuidade ao ciclo de vida. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

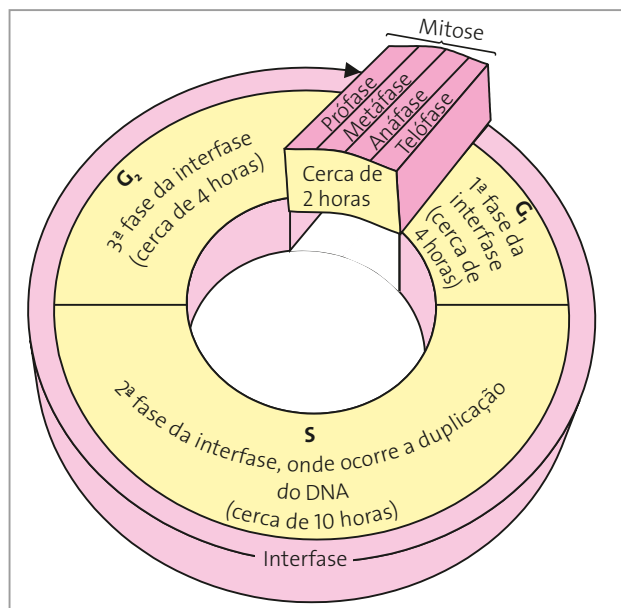
6. Ciclo celular

Uma célula não está permanentemente em mitose, isto é, não está sempre se dividindo. A maior parte da vida da célula é representada pelo período entre uma divisão e outra, que é a interfase.

Assim, no ciclo celular devem ser considerados dois períodos (Fig. 12.12):

- **interfase**, em que a célula não está se dividindo. Ela ocorre em três fases, chamadas G_1 , S e G_2 ;
- **mitose**, em que a célula se divide em duas. Ela ocorre em quatro fases, chamadas prófase, metáfase, anáfase e telófase.

Figura 12.12. Esquema do ciclo celular. A estimativa de duração de cada fase é apenas ilustrativa. A duração real varia de célula para célula, mas em geral a interfase é a fase mais longa.



7. Interfase

Na interfase são definidas três fases:

- **G_1** — não há atividade relacionada com o processo de divisão celular (a letra **G** deriva da palavra inglesa *gap*, que significa intervalo); nessa fase cada cromossomo contém uma só molécula de DNA, falando-se em uma só cromátide; todos os cromossomos apresentam uma região especial de constrição chamada centrômero e, em cada extremidade livre, um telômero.
- **S** — ocorre a duplicação do DNA de cada cromossomo (a letra **S** deriva da palavra síntese, que no caso é de DNA). A duplicação do DNA é chamada **semiconservativa**, pois cada DNA recém-formado tem uma das cadeias de polinucleotídeos da molécula-mãe; a outra cadeia é nova e complementar à cadeia-molde da molécula-mãe (Fig. 12.13). A união dos novos nucleotídeos complementares é feita pela enzima DNA polimerase. As moléculas resultantes são idênticas entre si. Na fase **S**, ocorre a duplicação, mas as moléculas-filhas não se separam completamente e cada cromossomo passa a ser formado por duas cromátides idênticas que ficam unidas pelos centrômeros; essas cromátides são chamadas **cromátides-irmãs**; cada cromátide-irmã consiste em uma única molécula de DNA.
- **G_2** — a síntese de DNA já se completou; é a fase que antecede a mitose.

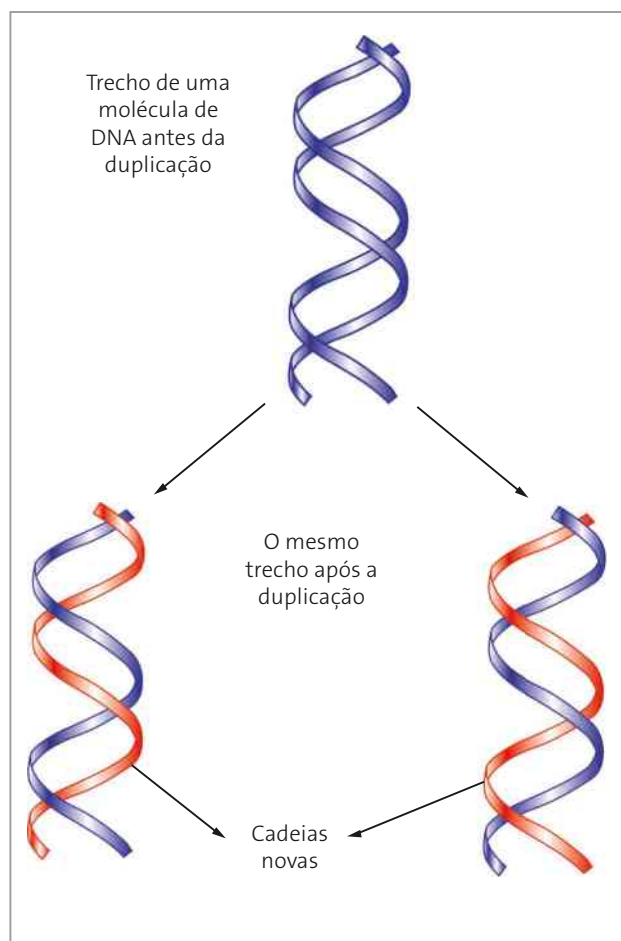


Figura 12.13. Esquema da duplicação semiconservativa do DNA como proposto por Watson e Crick. As duplas de bases nitrogenadas foram omitidas. (Cores fantasia.)

Na região do **centrômero** de cada cromátide-irmã, surge um complexo proteico chamado **cinetócoro**, ao qual se unirão microtúbulos do citoesqueleto, que se organizam em **fibras do fuso** na divisão celular (Fig. 12.14).

Os telômeros estabilizam as pontas dos cromossomos e são importantes na limitação do número de divisões celulares. A cada divisão celular, os telômeros se encurtam, e, se esse encurtamento for além de determinado ponto considerado crítico, o cromossomo se tornará instável e será degradado, o que causará a morte da célula. O encurtamento dos telômeros pode contribuir para o envelhecimento.

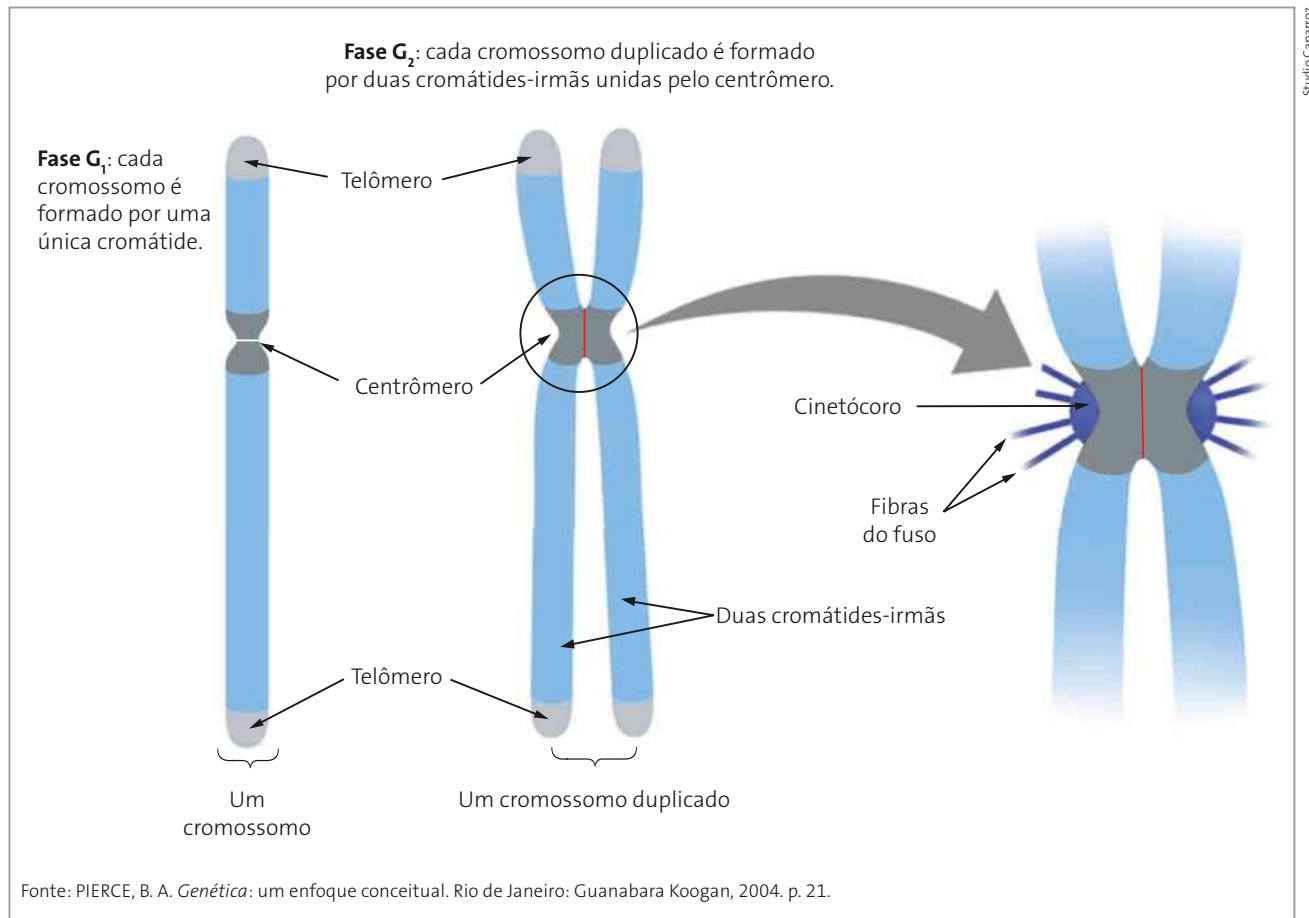


Figura 12.14. Representações esquemáticas de cromossomos. (Cores fantasia.)

Em certos tipos de células sujeitas a divisões celulares frequentes, há um mecanismo que impede a redução dos telômeros. É o caso dos unicelulares que se dividem por bipartição e de certas células do corpo dos multicelulares, como as células embrionárias iniciais, as germinativas que vão formar gametas e as células da medula óssea e do revestimento intestinal. Nelas, um tipo de enzima chamada **telomerase** repõe as pontas dos cromossomos, impedindo que eles se reduzam. Essa enzima, portanto, participa do processo de reposição de bases nitrogenadas do DNA nas pontas da molécula.

Na maioria das células somáticas adultas, essa enzima tem pouca ou nenhuma atividade, e os cromossomos se reduzem a cada divisão celular.

A telomerase atua como um sistema de reparo das extremidades do DNA, mas nem sempre é atuante. Estudos indicam que pessoas submetidas a estresse ou *bullying* constante têm em suas células menor atividade da telomerase, o que acarreta em envelhecimento precoce.

A telomerase parece ter também um papel importante no desenvolvimento de câncer. As células cancerosas têm a capacidade de se dividir continuamente; nelas a telomerase se expressa, repondo as pontas dos cromossomos, o que propicia o prosseguimento das divisões celulares. Parece que a ação da telomerase é uma das condições necessárias para o surgimento de tumores cancerosos, mas a explicação para a ocorrência de câncer é mais complexa e depende também de outros fatores.



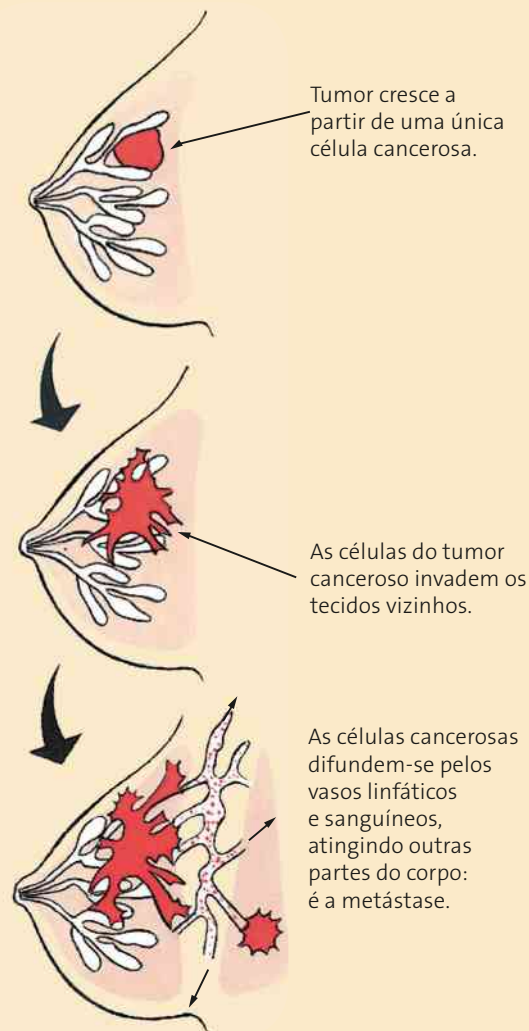
ENTENDENDO A BASE BIOLÓGICA DO CÂNCER

A base biológica do câncer está fundamentada na perda da capacidade normal de a célula regular sua divisão. As células cancerosas não param de se multiplicar. Com isso, crescem sobre outras células e invadem tecidos saudáveis, formando massas celulares que são os tumores malignos. Elas têm a capacidade de se espalhar pelo corpo todo, originando as chamadas metástases (Fig. 12.15).

Vários fatores podem desencadear essa disfunção da capacidade de divisão das células. Existem causas genéticas e até mesmo causas virais. O câncer de mama, por exemplo, tem base genética; já alguns tipos de leucemia são causados por infecção viral. O câncer de colo de útero pode ser causado pelo papiloma vírus (HPV) e o câncer de fígado, pelo vírus da hepatite B.

Radiações (como os raios X e ultravioleta) também podem provocar o aparecimento de câncer, o mesmo acontecendo com alguns produtos químicos. Os derivados de tabaco (cigarro, charuto, rapé etc.), por exemplo, contêm pelo menos 48 substâncias comprovadamente cancerígenas. Eles respondem diretamente por 30% de todos os casos de câncer existentes no mundo, especialmente os que atingem pulmão, boca, laringe, esôfago, rins, fígado, pâncreas e bexiga. Substâncias cancerígenas também são encontradas nos resíduos industriais, nos pesticidas e nos conservantes de alimentos industrializados.

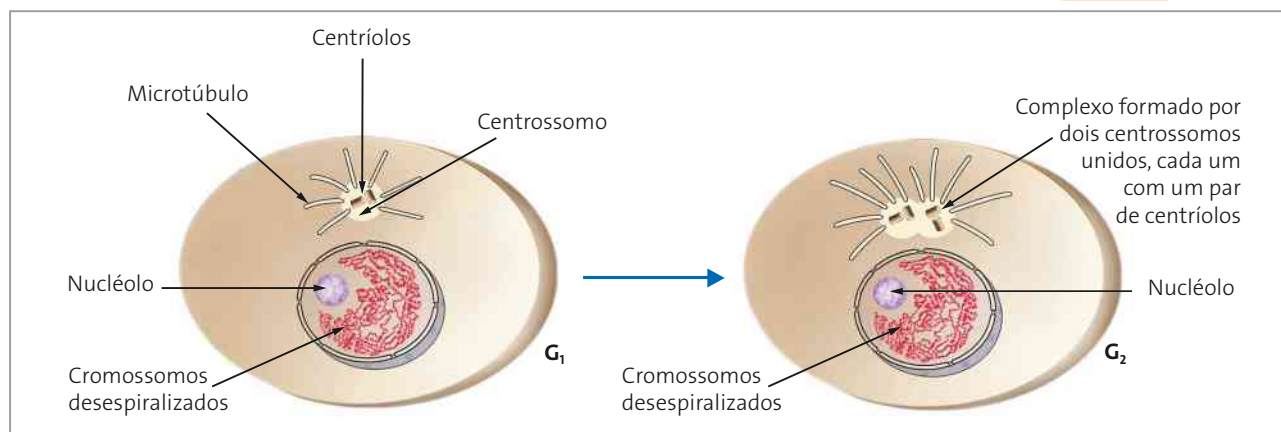
Figura 12.15. Esquema de formação e metástase do câncer de mama. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Walter Caldeira

Quando a célula vai entrar em divisão, também ocorrem modificações no citoplasma. No final da fase G_2 , o centríolo e o par de centríolos (quando presente) se duplicam.

Assim, antes de iniciar a divisão celular, a célula já duplicou o DNA, o centríolo e os centríolos. Os centríolos são responsáveis pela formação dos microtúbulos que vão originar as fibras do fuso (Fig. 12.16).



Walter Caldeira

Figura 12.16. Esquema do centríolo no início da fase G_1 e já duplicado, na fase G_2 da interfase. (Cores fantasia.)

7.1. O controle do ciclo celular

A interfase é a etapa em que a célula apresenta intensa atividade metabólica. Nela ocorrem transcrição gênica, síntese de proteínas e demais atividades vitais da célula. Há também aumento no tamanho da célula até que ela atinja suas dimensões características.

Durante a fase **S** ocorre síntese de DNA nuclear. Portanto, é nessa fase que acontece a duplicação dos cromossomos, fundamental para a divisão celular. Nas fases **G₁** e **G₂** não há síntese de DNA, mas o crescimento celular é acentuado. Como regra, as células crescem na interfase. Quando terminam a divisão celular, originam células menores, que crescem novamente antes de se dividir. Se elas não crescessem na interfase, a cada novo ciclo celular seriam formadas células cada vez menores.

Em algumas situações muito especiais, como acontece no início do desenvolvimento embrionário dos animais, as fases **G₁** e **G₂** são muito reduzidas. Com isso, as células praticamente não aumentam de tamanho entre uma divisão e outra.

Existem três grandes categorias de células no corpo humano adulto:

- células que depois de diferenciadas não se dividem mais ao longo de sua vida. É o caso das células nervosas e musculares, que permanecem em um estado modificado de **G₁**, denominado **G₀**;
- células que normalmente não se dividem, mas saem de **G₀** quando submetidas a certos estímulos e reiniciam o ciclo celular. Nesse grupo estão as células do fígado, que podem se dividir a cada um ou dois anos, ou mais rapidamente quando estimuladas por remoção cirúrgica de parte desse órgão. Outro exemplo são os linfócitos, glóbulos brancos do sangue que, sob estímulos de agentes estranhos que penetram no corpo (antígenos), proliferam e

participam dos mecanismos de defesa, combatendo os antígenos;

- células que normalmente possuem grande capacidade de divisão. É o caso das células da epiderme da pele, que estão constantemente sendo produzidas, repondo as que são perdidas pelo processo natural de descamação. Processo semelhante ocorre com as células do epitélio intestinal, que se dividem de uma a duas vezes por dia, repondo as células que são perdidas por descamação.

No ciclo celular, existem momentos que podem ser chamados pontos de checagem, em que mecanismos celulares verificam as condições da célula antes de prosseguir de uma fase para outra. Um importante ponto de checagem ocorre em **G₁** e outro em **G₂**, como mostra o esquema a seguir. Se tudo estiver funcionando corretamente, a célula prossegue no ciclo (Fig. 12.17).

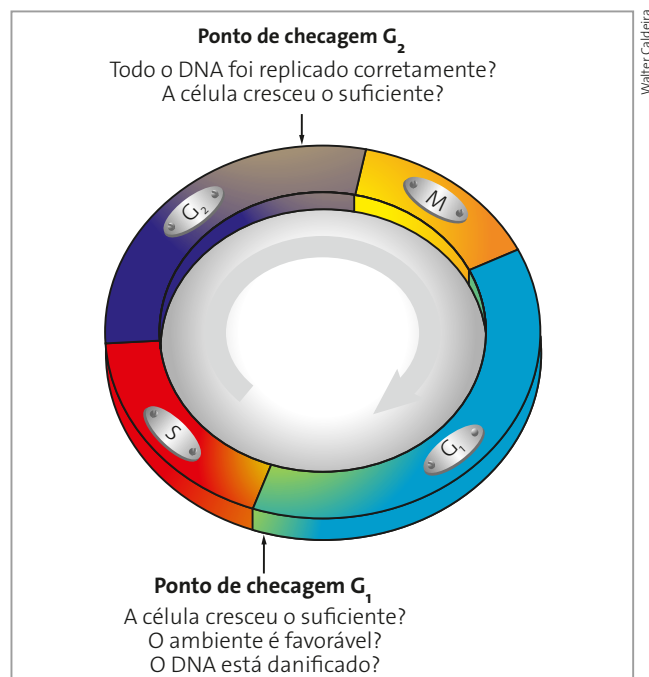


Figura 12.17. Esquema dos locais em que ocorrem dois dos pontos de checagem do ciclo celular: um em **G₁** e outro em **G₂**.

Professor(a), antes de iniciar o estudo da mitose e da meiose, sugerimos que realize com os estudantes as sugestões de atividade extra propostas nas Orientações didáticas.

8. Mitose em células animais

Embora a mitose seja contínua, para efeito de estudo costuma-se dividi-la em quatro fases: **prófase**, **metáfase**, **anáfase** e **telófase**.

A separação final das duas células resultantes é chamada **citocinese**.

8.1. Prófase

No início da prófase, cada cromossomo formado por duas **cromátides-irmãs** unidas pelos centrômeros começa a se condensar, tornando-se individualizado e visível ao microscópio (Fig. 12.18).

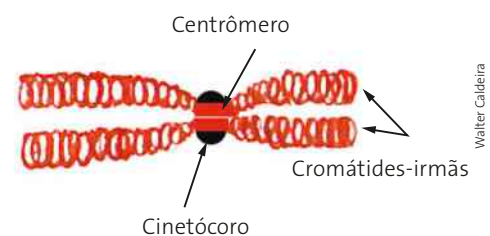


Figura 12.18. Esquema de cromossomo duplicado em início de condensação. (Cores fantasia.)

Os nucléolos vão se tornando menos evidentes, até desaparecerem, pois cessa a transcrição de RNA.

No citoplasma, cada centro celular organiza seu próprio arranjo radial de microtúbulos, dando ao conjunto um aspecto de estrela, por isso denominado **âster** (do grego: *aster* = estrela). Aos poucos, algumas das fibras de cada centrossomo crescem, determinando o afastamento dos centros celulares, indo cada um para um dos polos da célula. Essas fibras maiores constituem as **fibras polares**.

A prófase termina com a degeneração do envelope nuclear (Fig. 12.19).

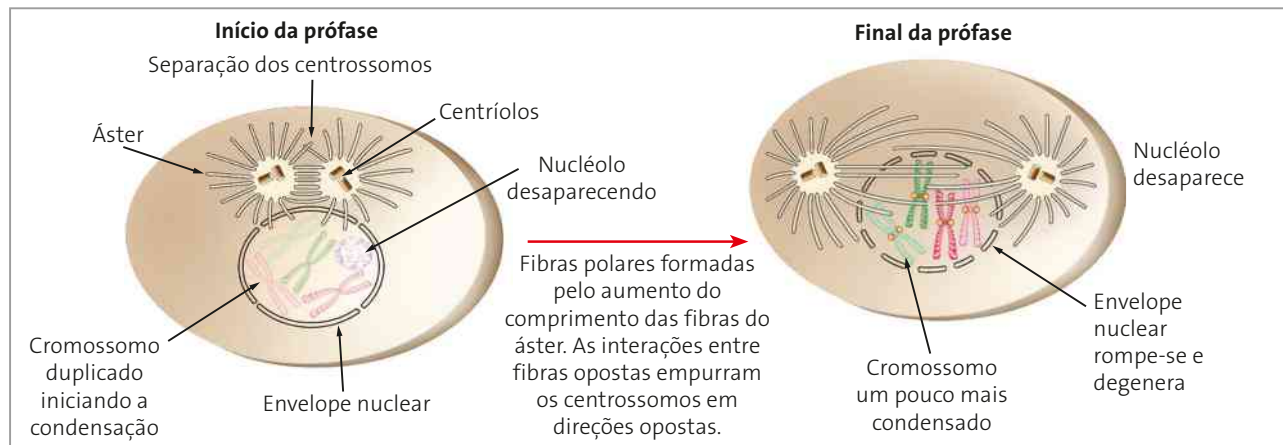


Figura 12.19. Esquema resumido da prófase. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

8.2. Metáfase

A metáfase começa logo após a ruptura da carioteca, quando deixa de existir limite físico entre o citoplasma e o material nuclear, permitindo que as fibras polares atinjam a região antes ocupada pelo núcleo.

Nessa fase alguns microtúbulos das fibras polares unem-se aos cinetócoros, formando as **fibras cromossômicas** ou **fibras do cinetócoro**. Essa união possibilita e orienta o deslocamento dos cromossomos em direção à região equatorial da célula, formando a **placa equatorial**, também chamada placa metafásica.

O conjunto de fibras do âster, fibras polares e fibras cromossômicas recebe o nome de **fuso mitótico**.

Os cromossomos permanecem presos às fibras do fuso e são bem visíveis nessa fase, pois atingem o máximo de condensação (Fig. 12.20).

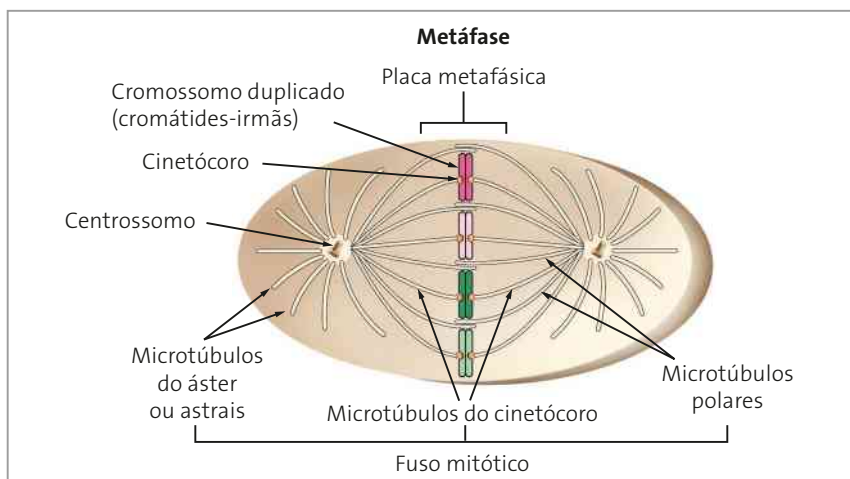


Figura 12.20. Esquema da disposição dos centrossomos e da formação do fuso mitótico na metáfase. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

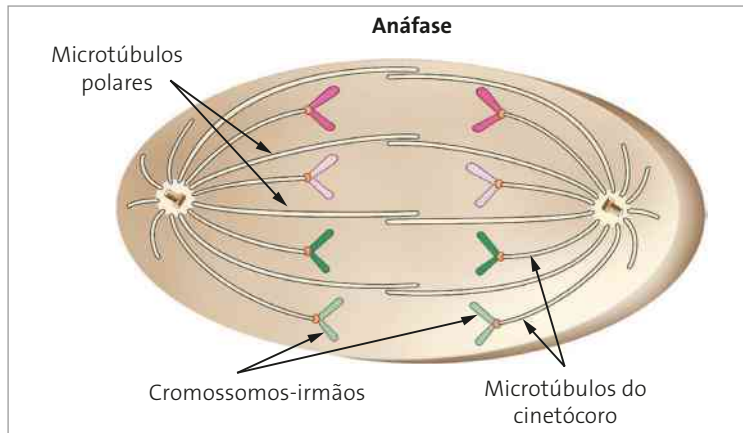
8.3. Anáfase

A anáfase inicia-se com a separação dos centrômeros, permitindo a separação completa das duas cromátides-irmãs de cada cromossomo. Assim que se separam, as cromátides-irmãs passam a ser chamadas **cromossomos-irmãos**.

Os cromossomos-irmãos são puxados pelas fibras do fuso para polos opostos da célula. Nesse processo, as fibras cromossômicas sofrem despolimerização na região do cinetócoro por ação de enzimas, havendo diminuição do

comprimento do microtúbulo. Como na outra extremidade (a que fica em contato com o centrôssomo) não há redução, o encurtamento da fibra na parte próxima do cinetócoro puxa o cromossomo para o respectivo polo da célula. Quando os cromossomos atingem essa região, termina a anáfase (Fig. 12.21).

Cada polo da célula recebe o mesmo material cromossômico, pois os cromossomos-irmãos possuem a mesma informação gênica; lembre-se de que esses pares são resultantes da duplicação semiconservativa de um mesmo DNA do cromossomo da célula inicial.



Walter Caldeira

< **Figura 12.21.** Esquema representando a anáfase. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

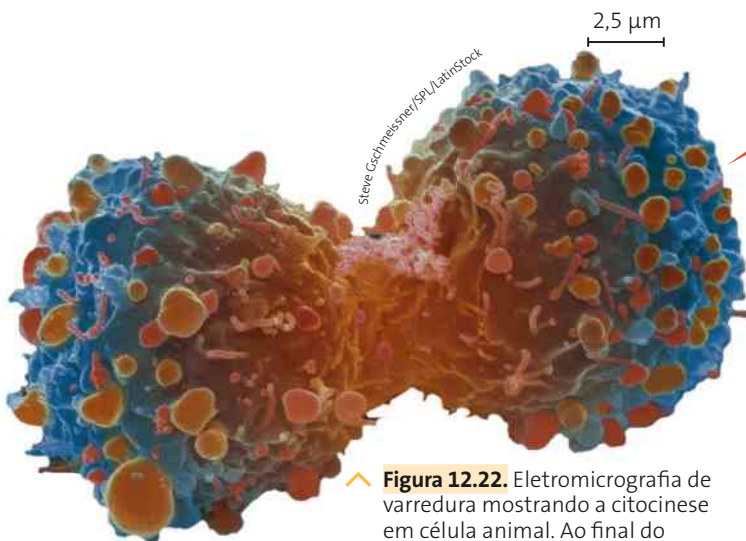
8.4. Telófase e citocinese

Na telófase, última fase da mitose, os cromossomos sofrem descondensação; os cinetócoros e as fibras cromossômicas desaparecem; o envelope nuclear e o nucléolo são reorganizados. Ficam apenas fibras polares, restritas ao citoplasma.

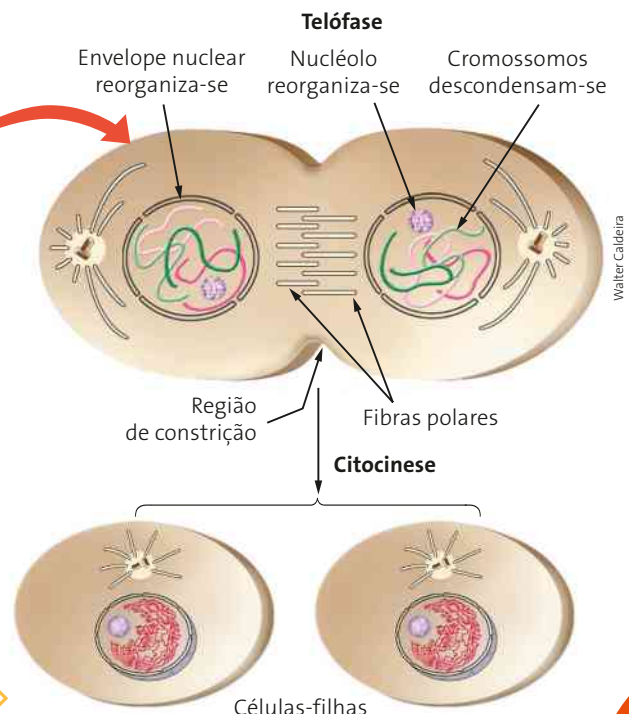
Ao final da telófase, os dois núcleos-filhos apresentam o mesmo aspecto do núcleo interfásico e fica também concluída a divisão do núcleo ou **cariocinese**. Completa-se a divisão celular com a divisão do citoplasma ou **citocinese** (Fig. 12.22).

Na maioria dos casos, a citocinese é relacionada com a cariocinese, tendo início na telófase ou até mesmo no final da anáfase (Fig. 12.23).

Nas células animais, a citocinese inicia-se por uma constrição na região equatorial da célula que, ao se completar, divide a célula em duas, totalmente individualizadas. Trata-se, portanto, de uma citocinese **centrípeta** (de fora para dentro), possível graças à flexibilidade da membrana plasmática e à atuação dos microfilamentos de actina e da proteína miosina, que formam um anel contrátil próximo à membrana plasmática nessa região.



> **Figura 12.22.** Eletromicrografia de varredura mostrando a citocinese em célula animal. Ao final do processo, formam-se duas células. (Cores artificiais.)



Walter Caldeira

Figura 12.23. Esquema representando a telófase e a citocinese. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.) >



CARIÓTIPO E IDIOGRAMA

Interrompendo-se a divisão celular na metáfase da mitose, fase em que os cromossomos apresentam o máximo de condensação, é possível contá-los e classificá-los. Esses dados nos permitem estabelecer o **cariótipo** de um indivíduo. A interrupção da mitose é feita em células mantidas em meios de cultura, usando uma substância, geralmente a colchicina, que impede a formação do fuso mitótico.

Os cromossomos podem ser classificados de acordo com a posição do centrômero (Fig. 12.24):

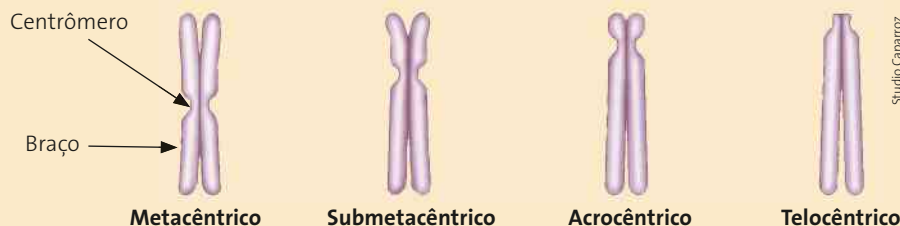


Figura 12.24. Esquema dos quatro tipos de cromossomos, com base na posição do centrômero. (Cores fantasia.)

Os cromossomos são corados e fotografados ao microscópio de luz e as imagens são recortadas de modo a se organizar os cromossomos aos pares e em ordem decrescente de tamanho. Assim organizados, eles compõem um **idiograma** ou **cariograma**.

As imagens seguintes (Fig. 12.25) exemplificam os idiogramas humanos do sexo feminino e do sexo masculino após a organização dos cromossomos em pares e por ordem decrescente de tamanho. Analisando-as, verifica-se que, dos 23 pares de cromossomos, 22 são semelhantes em ambos os sexos. Eles recebem o nome de **autossomos**. O último par é diferente nos sexos, e os cromossomos são chamados **sexuais**. O sexo feminino tem dois cromossomos sexuais semelhantes, chamados **cromossomos X**. O sexo masculino apresenta um **cromossomo X** e outro muito distinto, que recebe o nome de **cromossomo Y**.

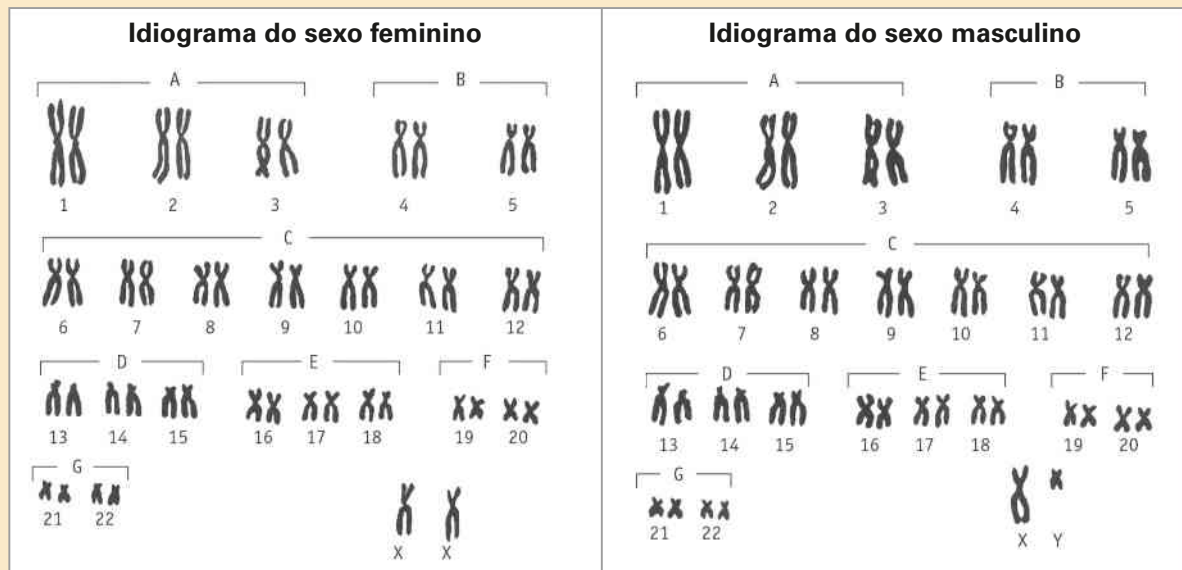


Figura 12.25. Idiogramas humanos. A espécie humana apresenta cariótipo com 22 pares de cromossomos autossômicos (não sexuais) e um par de cromossomos sexuais, que no sexo masculino é XY e no sexo feminino, XX.

Quando se quer representar o cariótipo humano especificando o sexo do indivíduo, faz-se da seguinte maneira:

- **sexo feminino:** 46, XX: o que significa dizer 46 cromossomos ao todo e entre eles o par de cromossomos sexuais XX;
- **sexo masculino:** 46, XY: o que significa dizer 46 cromossomos ao todo e entre eles o par de cromossomos sexuais XY.

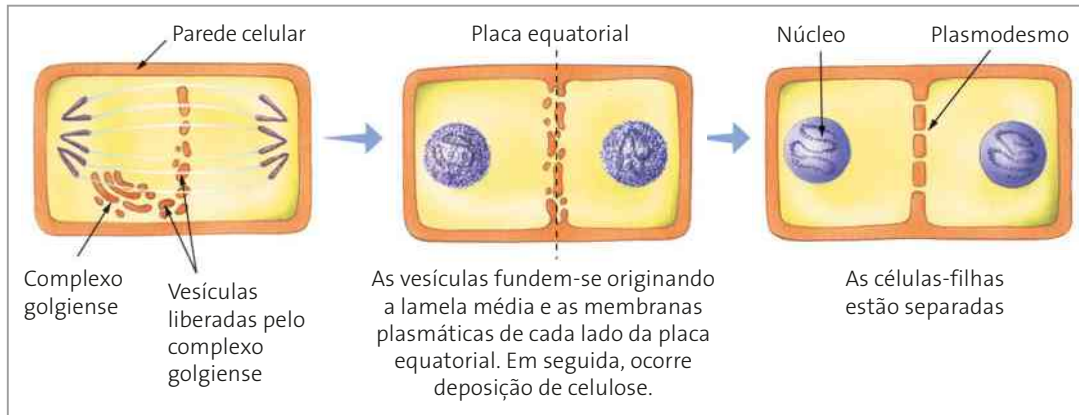
9. Mitose em células vegetais

Na mitose das células de plantas do grupo dos pinheiros e das plantas que produzem flores, existem alguns aspectos diferentes em relação à mitose das células animais. Nesses casos:

- não há centríolos (mitose acêntrica);
- não há formação de fibras do áster (mitose anastral);

- a citocinese é centrífuga (de dentro para fora), em função da grande resistência da parede celular. Nesse caso, vesículas formadas pelo complexo golgiense se unem e formam uma lamela que cresce do centro para a periferia, separando as células-filhas.

Acompanhe a explicação pela **figura 12.26**:



Osni de Oliveira

Figura 12.26. Esquema de citocinese em célula vegetal. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

10. Meiose

A meiose garante a existência de uma fase haploide no ciclo de vida, que tem a fase diploide restabelecida por meio da fecundação. Sem um mecanismo como a meiose, a reprodução sexuada não seria possível.

Dentre os grupos de seres vivos com reprodução sexuada, há diferenças quanto ao momento do ciclo de vida em que ocorre a meiose. Considerando que os ciclos de vida têm início com a fecundação, a meiose pode ocorrer:

- logo após a fecundação (**meiose inicial** ou **zigótica**);
- no meio do ciclo (**meiose intermediária** ou **espórica**);
- no final do ciclo (**meiose final** ou **gamética**).

A meiose inicial ou zigótica ocorre, por exemplo, no ciclo de vida de algumas algas e de todos os fungos. Os indivíduos são haploides e os gametas são produzidos por mitose, sendo apenas o zigoto diploide. Os produtos da meiose são esporos n que germinam e dão origem a indivíduos haploides, reiniciando o ciclo.

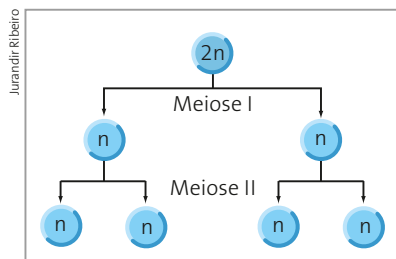
A meiose intermediária ou espórica ocorre, por exemplo, no ciclo de vida da maioria das algas e de todas as plantas terrestres. Os produtos da meiose são células que se diferenciam em esporos. Estes germinam e dão origem a indivíduos haploides que formam, por mitose, os gametas. Após a fecundação, reinicia-se o ciclo com a fase diploide. Dessa maneira, há **alternância de gerações** (ou **metagênese**), em que uma fase diploide, formadora de esporos por meiose, se alterna com uma

fase haploide, relacionada com a reprodução sexuada, formadora de gametas por mitose.

Em animais a meiose é gamética ou final, pois ocorre na formação dos gametas. Havendo fecundação, os indivíduos resultantes são diploides.

Na meiose acontecem duas divisões celulares sucessivas, dando origem a quatro células. Essas divisões são reunidas em duas etapas, denominadas primeira divisão meiótica e segunda divisão meiótica, ou **meiose I** e **meiose II**, respectivamente.

A meiose I é **reducional** (reduz à metade o número de cromossomos); a meiose II é **equacional** (o número de cromossomos das células iniciais é mantido igual nas células que se formam) (**Fig. 12.27**).



Jurandir Ribeiro

Figura 12.27. Representação esquemática da meiose, mostrando a célula inicial e as resultantes da primeira e da segunda divisão meiótica.

As fases das duas etapas da meiose são:

- **meiose I:** prófase I, metáfase I, anáfase I, telófase I;
- **meiose II:** prófase II, metáfase II, anáfase II, telófase II.

Vamos agora analisar cada uma dessas fases, com ênfase à meiose gamética que ocorre nos animais.

10.1. Meiose I

Prófase I

Essa fase da meiose I é dividida em cinco subfases consecutivas: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese. Não nos deteremos nas descrições dessas subfases, mas sim na descrição da prófase I como um todo.

Os processos descritos para a interfase antes de a célula entrar em mitose são os mesmos que ocorrem antes de a célula entrar em meiose.

Assim, no início da prófase I, cada um dos cromossomos já está formado por duas cromátides-irmãs unidas pelos seus respectivos centrômeros. Ocorre a condensação dos cromossomos, que só atinge seu máximo no final da metáfase I.

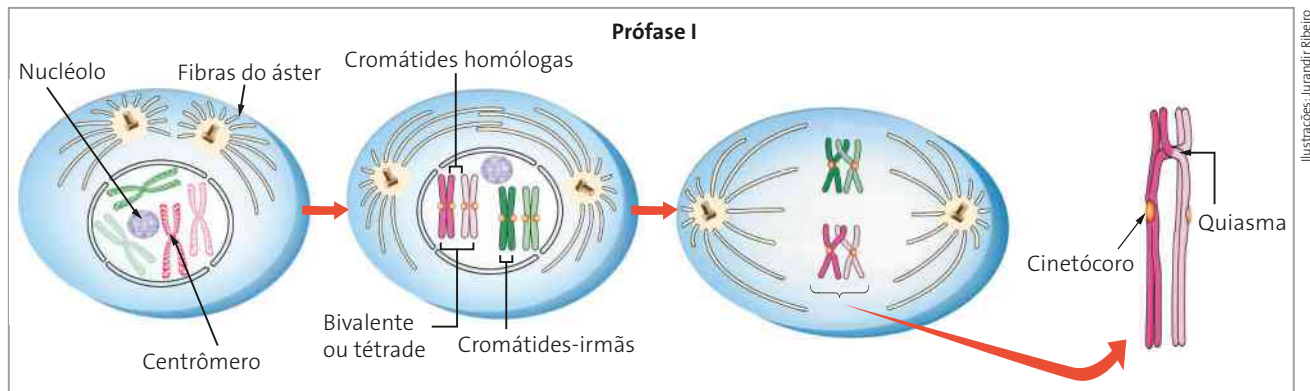
Os cromossomos homólogos duplicados emparelham-se. Com o emparelhamento e a condensação, é

possível notar que cada par de cromossomos homólogos apresenta quatro cromátides. Essas cromátides constituem uma **téttrade** ou bivalente e podem ser consideradas em dois grupos:

- cromátides-irmãs, que se originam de um mesmo cromossomo;
- cromátides homólogas, que se originam de cromossomos homólogos.

Duas cromátides homólogas podem sofrer uma ruptura na mesma altura e os dois pedaços podem trocar de lugar, realizando o que se denomina **permutação** ou **crossing-over**. Até o início da anáfase I essas cromátides ficam unidas pelos pontos onde houve permutação. Essas regiões chamam-se **quiasmas**.

O rompimento do envelope nuclear marca o final da prófase I e o início da metáfase I (Fig. 12.28).



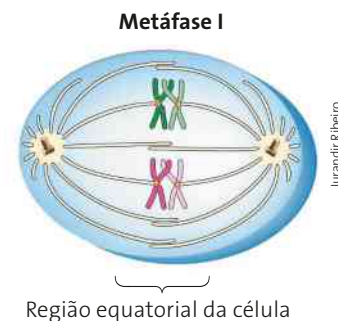
> **Figura 12.28.** Esquema de células em diferentes fases da prófase I. No detalhe, téttrade e um local de permutação. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Metáfase I

Na metáfase I, algumas das fibras polares associam-se aos cinetócoros dos cromossomos duplicados, formando as **fibras dos cinetócoros**.

Os cromossomos emparelhados permanecem dispostos no equador da célula, com seus maiores eixos perpendiculares ao eixo das fibras polares. Os cromossomos atingem o máximo de condensação e os quiasmas mantêm as cromátides homólogas unidas (Fig. 12.29).

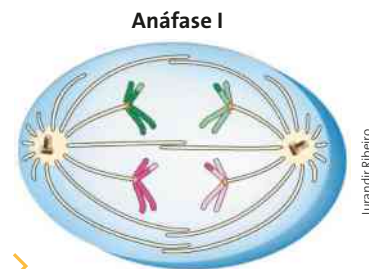
> **Figura 12.29.** Esquema de célula em metáfase I. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Anáfase I

A anáfase I caracteriza-se pelo deslocamento dos cromossomos para os polos opostos da célula. O par de cromossomos homólogos separa-se, indo para cada polo um cromossomo de cada par (Fig. 12.30).

> **Figura 12.30.** Esquema de célula em anáfase I. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



É importante salientar que **não** ocorre separação dos centrômeros, como acontece na anáfase da mitose. Essa é uma importante diferença entre a mitose e a meiose (Fig. 12.31).

Ao final da anáfase I da meiose, portanto, há em cada polo da célula **n** cromossomos duplicados, cada um deles com duas cromátides-irmãs ligadas pelo centrômero: são as **díades**. Quando as díades chegam aos polos termina a anáfase I e tem início a telófase I.

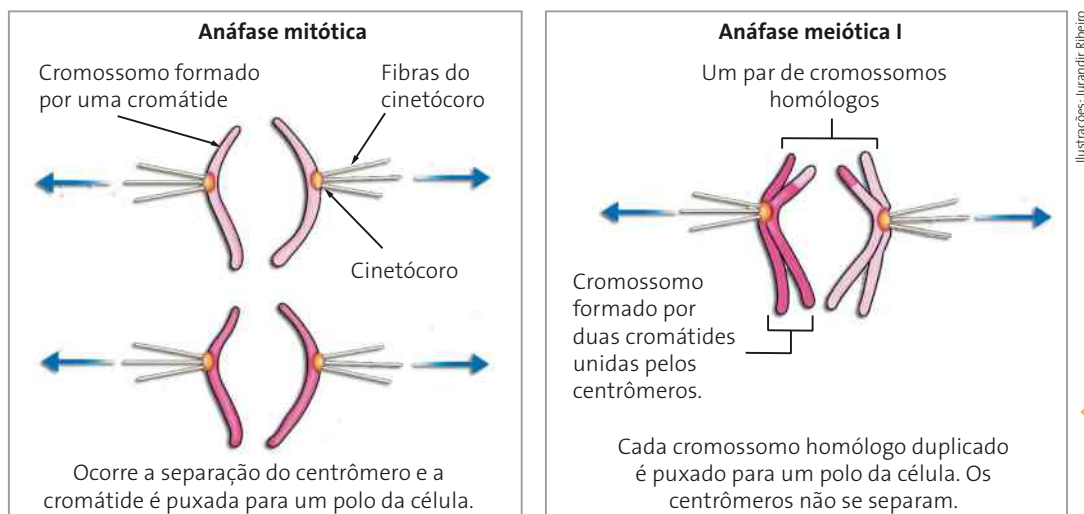


Figura 12.31. Comparação entre anáfase da mitose e da meiose I. (Cores fantasia.)

Telófase I e citocinese

O que ocorre na telófase I é bastante semelhante ao que acontece na telófase da mitose: os cromossomos desespiralizam-se, o envelope nuclear e o nucléolo reorganizam-se e ocorre a citocinese (Fig. 12.32).

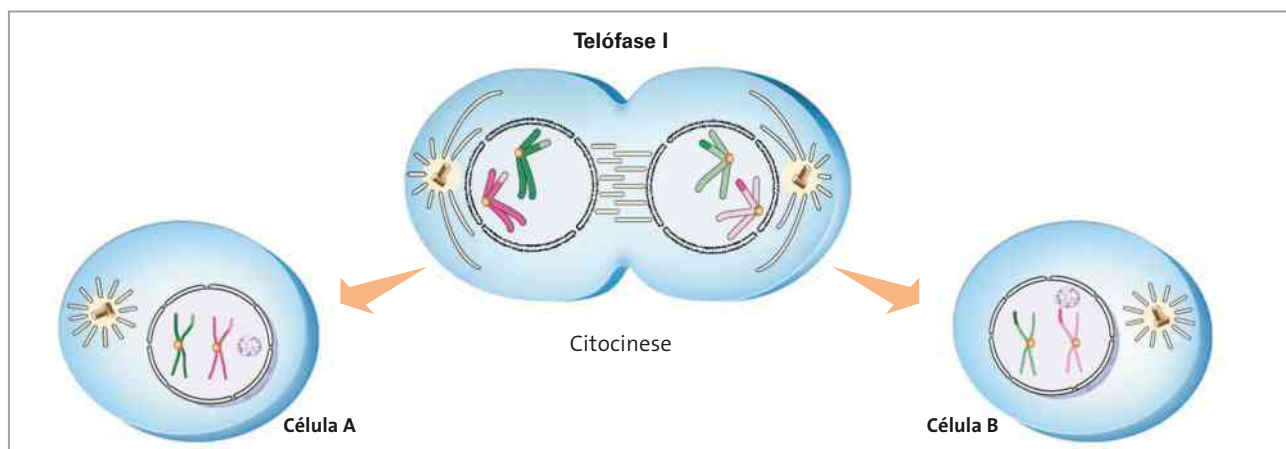


Figura 12.32. Esquema de célula em telófase I e citocinese. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

O quadro abaixo (Fig. 12.33) resume e compara a mitose com as fases da meiose I.

Fases	Mitose	Meiose I
Prófase	• Cromossomos homólogos não se emparelham.	• Cromossomos homólogos emparelham-se.
Metáfase	• Placa equatorial formada pelos cromossomos duplicados e não emparelhados. • Fibras do cinetócoro de cada cromátide-irmã irradiam-se para um dos polos opostos da célula.	• Placa equatorial formada pelas tétrades (pares de cromossomos homólogos duplicados e emparelhados). • Fibras do cinetócoro de cada díade se irradiam para um dos polos opostos da célula.
Anáfase	• Ocorre separação do centrômero.	• Não ocorre separação do centrômero.
Telófase	• Em cada polo da célula encontram-se 2n cromossomos simples (não duplicados).	• Em cada polo da célula encontram-se n cromossomos duplicados, formados por duas cromátides-irmãs unidas pelo centrômero.

Figura 12.33. Quadro comparativo das fases da mitose com as da meiose I.

10.2. Meiose II

Cada uma das células haploides formadas pela meiose I (como exemplos temos a célula A e a célula B, figura 12.32) sofre uma segunda divisão, que é a meiose II ou segunda divisão meiótica. Nessa divisão ocorre a separação das cromátides-irmãs. Cada uma delas dirige-se para um dos polos da célula.

As fases da meiose II são prófase II, metáfase II, anáfase II e telófase II e estão resumidas na figura 12.34. Note que os eventos são como se descreve para a mitose: enquanto a meiose I é a etapa reducional, já que reduz ao meio o número de cromossomos, a meiose II é a equacional, pois mantém o número de cromossomos da célula inicial nas células-filhas.

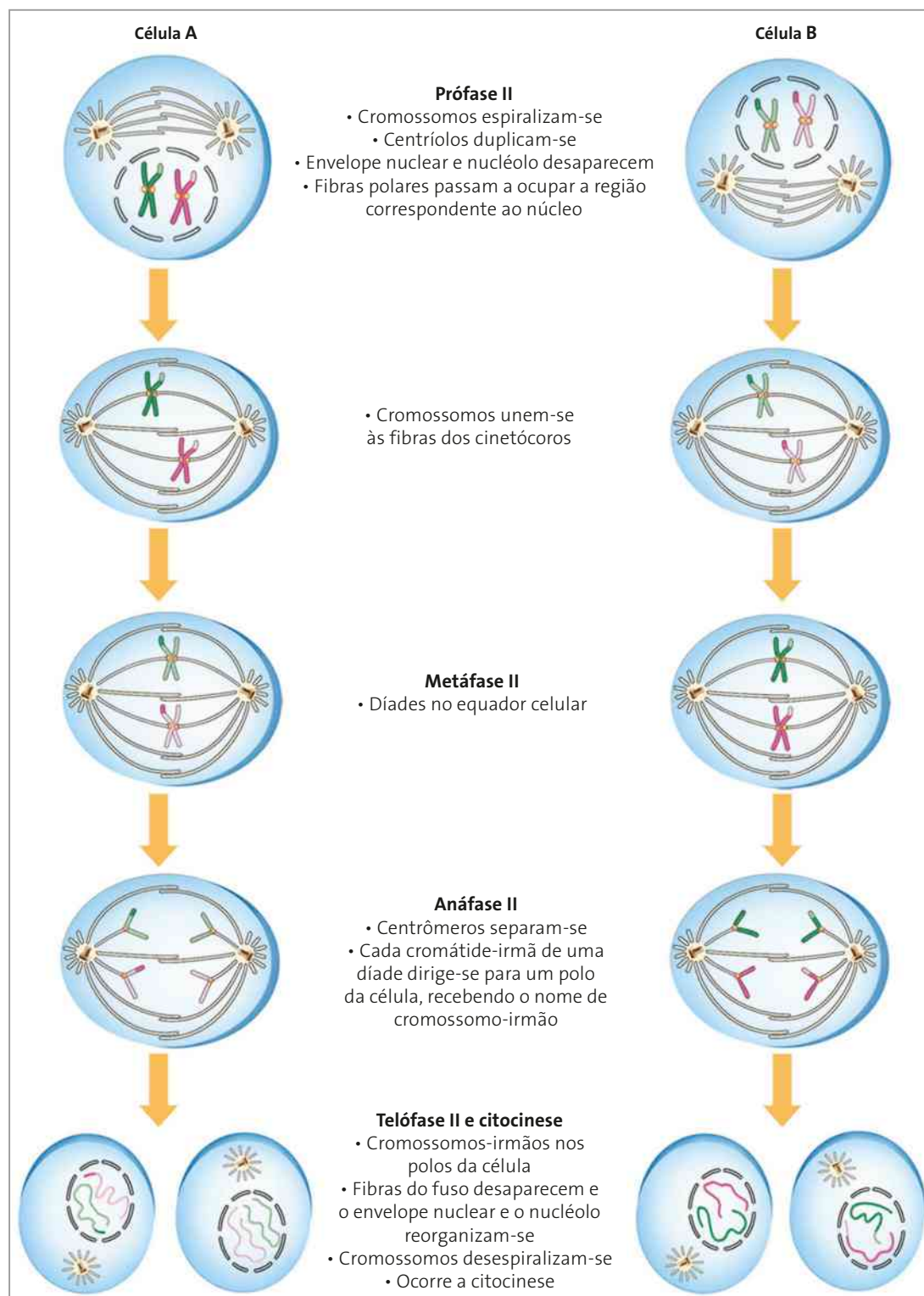


Figura 12.34. Esquema da meiose II. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

11. A divisão celular das bactérias

Nos procariontes a divisão celular é mais simples e não ocorre por mitose. Ela se inicia com o alongamento da célula e a duplicação do cromossomo, que é único e circular, formado apenas por uma molécula de DNA. A seguir, continua o alongamento da célula e ocorre invaginação da membrana plasmática na região mediana, separando as duas células-filhas (Fig. 12.35).

Nos procariontes não há formação de gametas e não há meiose.

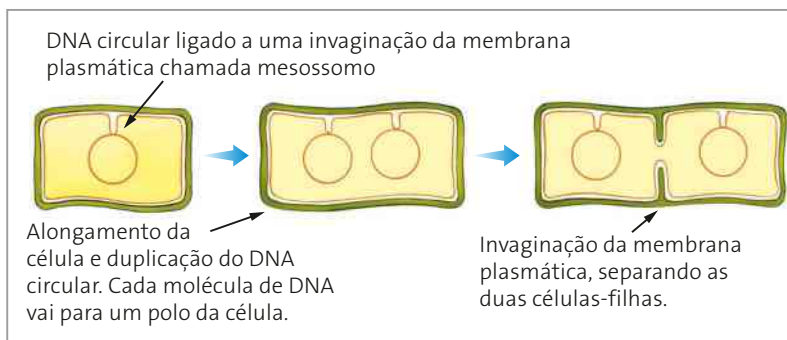


Figura 12.35. Esquema da bipartição em bactéria. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

12. Reprodução

Professor(a), antes de abordar o tema seguinte, sugerimos que realize com os estudantes a sugestão de atividade extra intitulada “Reprodução e variabilidade genética” das Orientações didáticas.

Vamos analisar agora uma das consequências naturais das divisões celulares: a reprodução.

Já comentamos que a reprodução é uma das características gerais dos seres vivos. Ela é fundamental para a preservação da espécie, mas não é necessária para a sobrevivência do indivíduo.

Em nível molecular, a reprodução está relacionada à capacidade ímpar do DNA de se duplicar de forma semi-conservativa, propiciando que as células resultantes tenham cópias das moléculas originais de DNA.

Os seres vivos apresentam vários tipos de reprodução, que podem ser agrupados em duas grandes categorias, quando não considerados os vírus: a reprodução assexuada e a sexuada. Os vírus são casos à parte e não serão estudados neste momento. Aqui vamos comentar brevemente alguns tipos de reprodução assexuada e sexuada.

Professor(a), os vírus serão estudados no volume 2. No volume 3 faremos uma discussão mais aprofundada acerca da reprodução humana e, no volume 2, um estudo dos diferentes tipos de reprodução dentro da grande diversidade de seres vivos.

12.1. Reprodução assexuada

Os indivíduos que surgem por reprodução assexuada são geneticamente idênticos ao que lhes deu origem e são geneticamente idênticos entre si. São, portanto, clones do indivíduo inicial. Os descendentes só terão patrimônio genético diferente se sofrerem mutação, ou seja, alteração na sequência de bases nitrogenadas em alguma molécula de DNA, ou alteração no número e na forma dos cromossomos.

Se comparada com a reprodução sexuada, a reprodução assexuada é mais simples, mais rápida e energeticamente menos custosa.

Vários são os grupos de seres vivos que se reproduzem assexuadamente e vários são os tipos de reprodução assexuada. Vamos comentar apenas alguns deles.

Nos procariontes só há reprodução assexuada e a forma mais comum é a **bipartição** (*bi* = dois), nome que descreve exatamente o que está acontecendo: de uma célula inicial, surgem duas menores, uma do mesmo tamanho que a outra. Esse processo também é chamado **cissiparidade** (do latim: *scissus* = separado, fendido; *parese* = reproduzir, parir) e **divisão binária**.

A bipartição ocorre nos procariontes sem envolver a mitose.

Nos eucariontes há grupos que fazem apenas reprodução assexuada, caso das euglenas, mas na maioria há reprodução assexuada e sexuada.

Os termos bipartição, cissiparidade e divisão binária citados para os procariontes podem ser aplicados à reprodução assexuada em unicelulares eucariontes, mas nesses casos há mitose.

Unicelulares eucariontes também podem apresentar outro tipo de reprodução assexuada — **brotamento** ou **gemiparidade** —, processo no qual o indivíduo inicial produz um broto geneticamente idêntico. O broto cresce e geralmente se destaca, passando a ter vida independente (Fig. 12.36).



Figura 12.36. Eletromicrografia de varredura de levedura (*Saccharomyces cerevisiae*) em brotamento. (Cores artificiais.)

O termo brotamento também é aplicado para casos de reprodução assexuada em multicelulares eucariontes. É o que se verifica, por exemplo, na hidra, um pequeno animal que vive em água doce (Fig. 12.37).

Nas plantas, há várias formas de reprodução assexuada. Um caso bastante estudado é o da batata-inglesa. Você já deve ter notado que esse tipo de batata apresenta o que se chama popularmente de olhos, que são, na realidade, gemas, estruturas formadas por células indiferenciadas capazes de intensa divisão mitótica e que podem originar uma nova planta (Fig. 12.38).



Figura 12.37. Fotomicrografia de hidra (cerca de 3 mm de altura) com broto.



Figura 12.38. Fotografia de batata com gemas em desenvolvimento.

12.2. Reprodução sexuada

Na reprodução sexuada, duas células haploides especializadas (gametas) (Fig. 12.39) ou dois núcleos haploides especiais se fundem, formando uma célula-ovo ou zigoto diploide. Por mitoses sucessivas o zigoto dá origem a um novo indivíduo. Vimos neste capítulo, no entanto, que em certos grupos de seres vivos, como é o caso dos fungos, o zigoto não forma um novo indivíduo, mas sofre meiose imediata e origina esporos haploides. São estes que, por mitoses sucessivas, formarão novos indivíduos.

Nos animais a meiose está relacionada com a formação de gametas, enquanto nas plantas relaciona-se com a formação de esporos.

Nos animais, os gametas masculinos são muito menores do que os femininos e, na maioria dos casos, sua morfologia está relacionada com o deslocamento: apresentam formato hidrodinâmico, com uma longa cauda utilizada na propulsão.

Os gametas femininos dos animais são geralmente células grandes e imóveis, que contêm reserva de nutrientes para o desenvolvimento do embrião. Esses nutrientes compõem o **vitelo**.

Por haver mistura de material genético, os indivíduos resultantes da fecundação não são iguais aos pais, mas sim semelhantes a eles, e não são iguais entre si, a não ser em casos de gêmeos idênticos.

O modo sexuada de reprodução, apesar de mais custoso energeticamente que a reprodução assexuada, traz vantagens evolutivas e é o mais amplamente difundido entre os diferentes grupos de eucariontes.

Se o ambiente fosse completamente estável, sem sofrer alterações ao longo do tempo e do espaço, a reprodução assexuada seria muito vantajosa, pois preservaria as características dos organismos para uma dada condição ecológica. Essa, entretanto, não é a realidade.

O ambiente sempre pode apresentar alterações e uma modificação desfavorável pode eliminar de uma só vez toda a população se ela for formada por indivíduos geneticamente idênticos.

Em populações em que há reprodução sexuada, esse processo não deve ocorrer, pois a variabilidade genética entre os indivíduos é maior. A alteração ambiental pode afetar parte da população, mas outra parte sobrevive graças a variações no material genético que propiciam condições de sobrevivência.

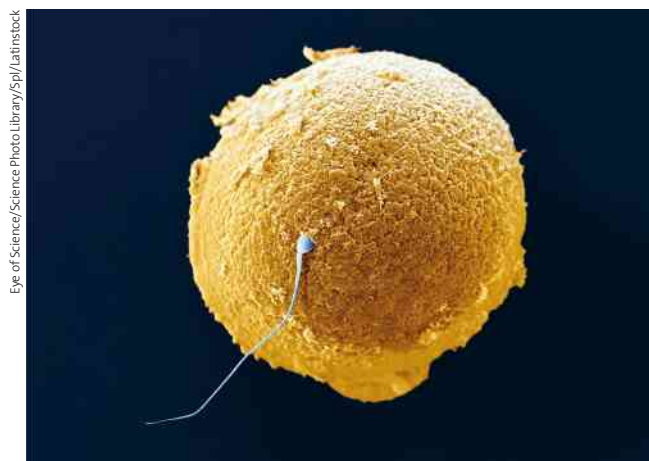


Figura 12.39. Na fecundação, o gameta masculino funde-se ao gameta feminino. Fotomicrografia de espermatozoide (cerca de 65 µm de comprimento) fecundando um ovócito humano (cerca de 100 µm de diâmetro).



Consequências da não disjunção dos cromossomos na meiose humana

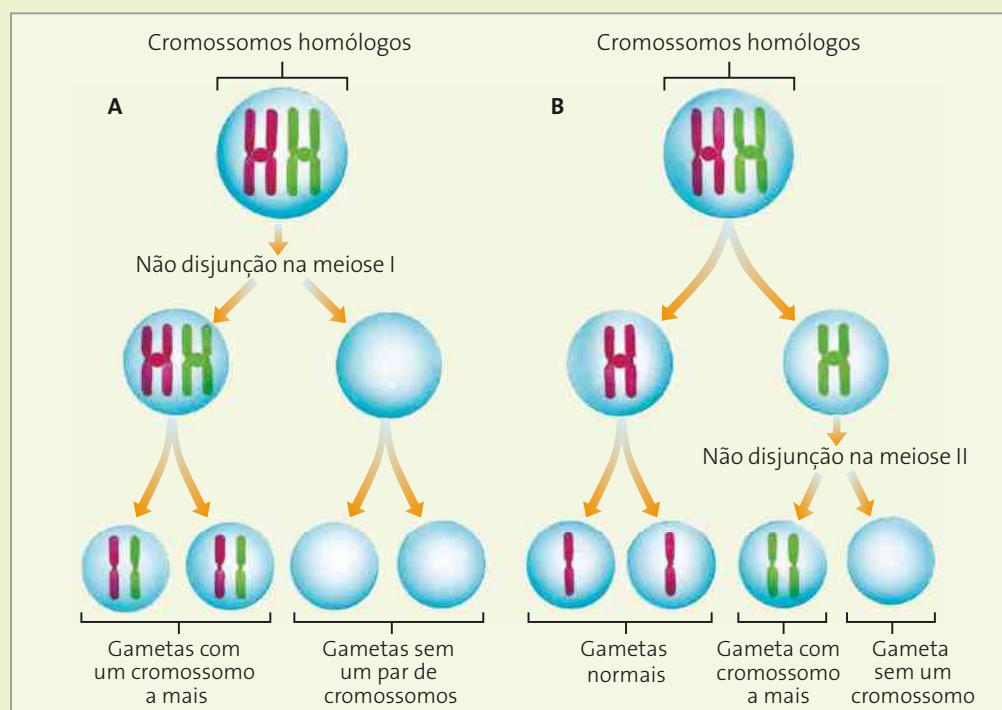
A meiose é um processo complexo, e erros na disjunção (separação) dos cromossomos homólogos na meiose I ou das cromátides-irmãs na meiose II levam à formação de gametas com número anormal de cromossomos.

Se um dos gametas anormais participar da fecundação, será formado um zigoto com número anormal de cromossomos. Essas alterações no número de cromossomos são chamadas **aneuploidias** e são consideradas mutações cromossômicas numéricas.

Nas aneuploidias pode haver um número maior ou menor de cromossomos. Por exemplo: quando há um cromossomo a mais no par de homólogos, fala-se em **trissomia**; quando há um cromossomo a menos, fala-se em **monossomia**.

A alteração pode acontecer nos cromossomos sexuais, que são os relacionados com a determinação do sexo, ou nos demais cromossomos, chamados autossomos. Quando a alteração envolve os autossomos, a anomalia não está relacionada ao sexo, podendo ocorrer tanto no sexo feminino quanto no masculino. Quando ocorre nos cromossomos sexuais, as anomalias estão relacionadas ao sexo.

Vamos comentar algumas dessas aneuploidias.



⚡ Representação esquemática mostrando as possibilidades de não disjunção na meiose de um dos pares de cromossomos homólogos. Se a não disjunção ocorrer na meiose I (situação **A**), todos os gametas terão número anormal de cromossomos; se ocorrer na meiose II (situação **B**), apenas dois dos quatro gametas serão anormais. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- **Síndrome de Down** ou **mongolismo** – as células dos indivíduos têm um cromossomo a mais no par 21 (trissomia do 21). Alguns dos sinais clínicos dessa síndrome são: cabeça pequena, com a face achatada; olhos com os cantos externos puxados para cima; boca pequena, mas língua de tamanho normal; dentição irregular; pescoço curto e largo; baixa estatura; dedos curtos; linha reta na palma da mão; coeficiente intelectual baixo. Cariótipo com 47 cromossomos.
- **Síndrome de Patau** – as células dos indivíduos têm um cromossomo a mais no par 13 (trissomia do 13). Alguns dos sinais clínicos dessa síndrome são: cabeça pequena; olhos afastados; orelhas deformadas; má-formação séria no coração e nos sistemas digestório, genital e urinário. Geralmente os portadores dessa síndrome sobrevivem até cerca de 3 anos de idade. Cariótipo com 47 cromossomos.
- **Síndrome de Edwards** – as células dos indivíduos têm um cromossomo a mais no par 18

(trissomia do 18). Alguns dos sinais clínicos dessa síndrome são: cabeça pequena e estreita; olhos afastados; boca e queixo pequenos; pés deformados; anomalias graves no coração, nos rins e no sistema genital. Geralmente os portadores sobrevivem até cerca de 1 ano de idade. Cariótipo com 47 cromossomos.

- **Síndrome de Klinefelter** – as células dos indivíduos têm dois cromossomos X e um Y e são todos do sexo masculino. Alguns dos sinais clínicos são: testículos pequenos;

ausência de espermatozoides e, em alguns casos, mamas mais evidentes. Cariótipo: 47, XXY (o que indica que há 47 cromossomos no total, dentre eles 2 X e 1 Y).

- **Síndrome de Turner** – as células dos indivíduos têm apenas um cromossomo sexual: o X. São, portanto, mulheres. Alguns dos sinais clínicos dessa síndrome são: baixa estatura; ovários não funcionais; pescoço curto e largo; anomalias renais. Cariótipo: 45, XO (0 = ausência de um cromossomo sexual).

1. Atualmente, já existem testes que identificam, desde a oitava semana de gestação, se o bebê que está sendo gerado é portador de alguma anomalia cromossômica. Em caso de confirmação de uma anomalia em um bebê em formação, o que você acha que deve ser feito, considerando seus valores éticos, morais e religiosos?
2. No Brasil, o aborto é permitido apenas em casos excepcionais, como o de gestação decorrente de estupro, gravidez de feto anecéfalo (desde 2012) e quando a gestação envolve risco de morte para a mãe. Discuta esse assunto com seus pais, professores e amigos. Depois de debater o assunto, pondere a respeito da importância de saber com antecedência o cariótipo do bebê e se você gostaria de ter essa informação.
3. Monte modelos usando massa de modelar de diferentes cores para representar os cromossomos visando explicar a meiose normal e meioses anômalas em que não há disjunção de cromossomos. Use esses modelos para explicar como gametas anômalos podem ser formados e como as síndromes aqui mencionadas podem acontecer.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Retomando

Como você viu, o núcleo das células eucarióticas desempenha tarefa importante como um centro controlador da atividade celular. Durante as divisões celulares, mecanismos especiais operam para garantir que a informação nele contida seja passada para as células-filhas. Considerando o que estudou neste capítulo, retome suas respostas às questões da seção **Pense nisso** e reavalie-as. Todas as células do organismo têm todos os cromossomos? Por que a reprodução sexuada depende de um mecanismo reducional de divisão celular?



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO



Atividade 1 Citoesqueleto e divisão celular Habilidades do Enem: H15, H18.

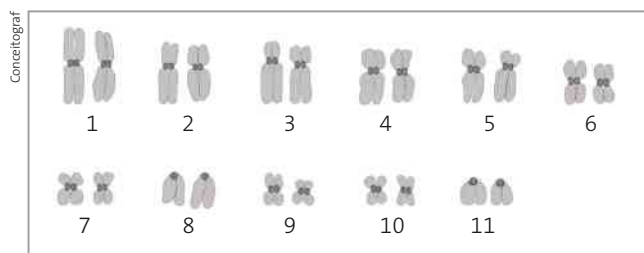
Para estudar o cariótipo de determinado organismo, suas células nucleadas, em especial os leucócitos do sangue, são coletadas e colocadas em meio de cultura especial, de modo a estimulá-las a entrar em mitose. Em determinado momento, introduz-se no meio de cultura uma substância chamada colchicina, que tem a propriedade de inibir a polimerização das proteínas dos microtúbulos do citoesqueleto. No instante em que a colchicina é aplicada, no meio de cultura encontram-se células em diferentes fases da mitose.

Com base nessas informações, responda:

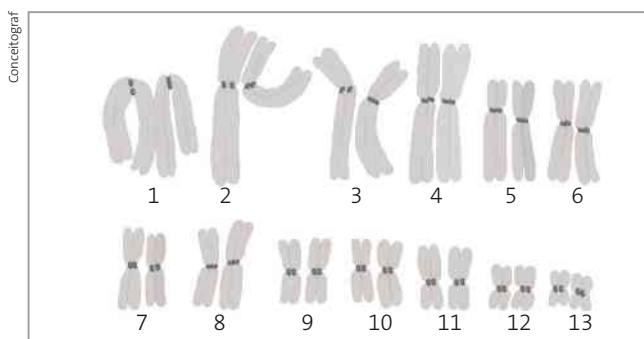
- a) Qual é o efeito produzido pela colchicina em relação à divisão celular?
- b) Quais fases da mitose podem estar presentes entre as células do meio de cultura após a aplicação da colchicina? Justifique.
- c) Por que a colchicina é amplamente empregada na preparação dos cromossomos para o estudo de cariótipos?

Atividade 2 Interpretando idiogramas Habilidades do Enem: H13, H15, H17.

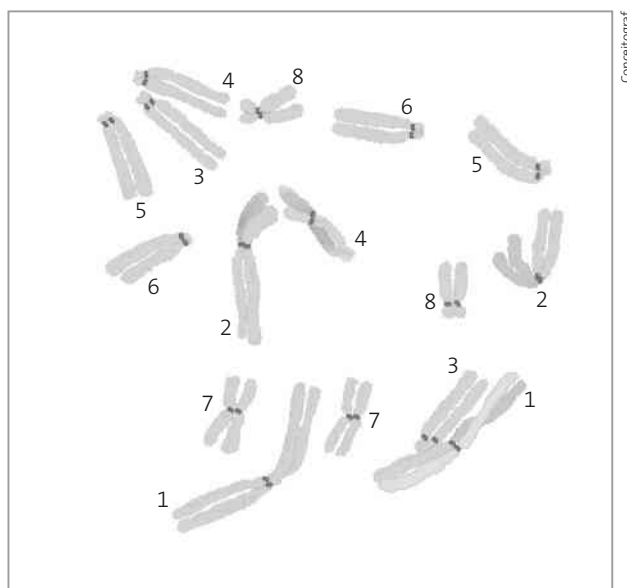
Análise os esquemas a seguir, que representam os conjuntos totais de cromossomos metafásicos de uma célula em divisão mitótica de diferentes organismos. Em seguida, responda às questões propostas.



Ilustrações representando cromossomos metafásicos da rã *Ischnocnema juipoca*.



Ilustrações representando cromossomos metafásicos da perereca *Phyllomedusa distincta*.



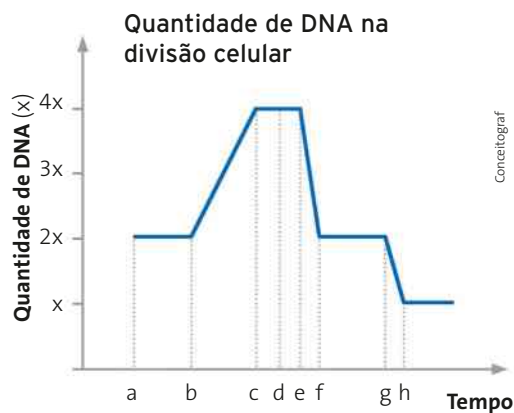
Ilustrações representando cromossomos metafásicos de *Alstroemeria aurea*, uma angiosperma.

- Quais são os números haploide e diploide de cada espécie?
- Determine o número de cromossomos:
 - em cada uma das células do fígado da rã *Ischnocnema juipoca*;
 - em cada um dos espermatozoides da perereca *Phyllomedusa distincta*;
 - em cada uma das células cerebrais da perereca *Phyllomedusa distincta*;
 - em um óvulo de cada uma das espécies de anfíbios;
 - em cada célula da pétala da flor de *Alstroemeria aurea*.
- Classifique, quanto à posição do centrômero, os cromossomos 1, 2, 6 e 8 da planta *Alstroemeria aurea*.
- Classifique, quanto à posição do centrômero, os cromossomos 1, 2, 8 e 11 da rã *Ischnocnema juipoca*.

Atividade 3 Interpretando gráficos Habilidade do Enem: H17.

Análise o gráfico, que representa a variação da quantidade de DNA em uma célula ao longo de um processo de divisão celular. Em seguida, responda às questões.

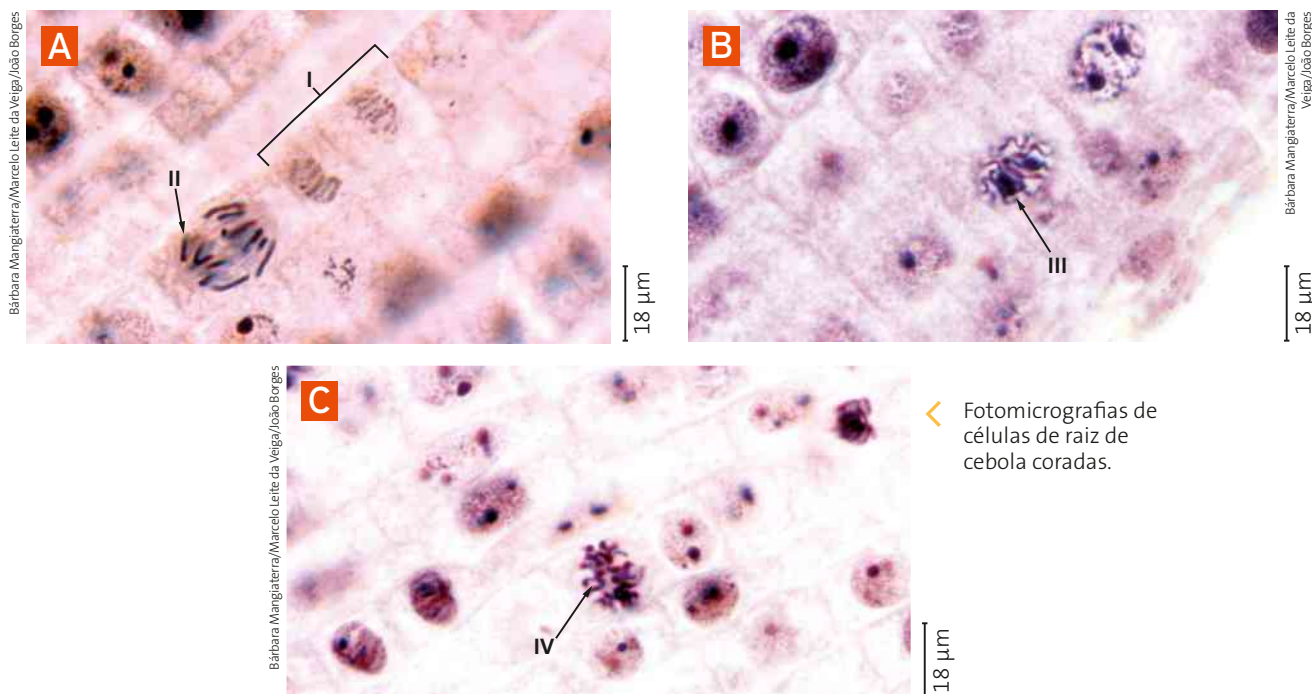
- A qual processo de divisão esse gráfico se refere? Justifique.
- Considerando que essa célula apresenta 22 cromossomos no momento **a**, indique a quantidade de moléculas de DNA nos momentos **c**, **f** e **h**.
- Esquematize em seu caderno as fases que ocorrem a partir do momento **g**. Use apenas um cromossomo em seu esquema.
- A que período corresponde o intervalo entre os momentos **a** e **b**?



Fonte: ALBERTS, B. *Biologia molecular da célula*. Porto Alegre: Artmed, 2004.

Atividade 4 Interpretando fotomicrografias Habilidade do Enem: H15, H17.

As fotografias abaixo foram obtidas ao microscópio de luz e são do tecido da extremidade da raiz de cebola, onde ocorrem muitas divisões mitóticas. Observe as imagens e, em seguida, faça o que se pede.



- Identifique as fases do processo em que as células indicadas estão (interfase, prófase, metáfase, anáfase ou telófase).
- Depois, descreva os principais eventos de cada uma dessas fases.



Testes

REGISTRE
NO CADERNO



- (Enem) Uma vítima de acidente de carro foi encontrada carbonizada devido a uma explosão. Indícios, como certos adereços de metal usados pela vítima, sugerem que a mesma seja filha de um determinado casal. Uma equipe policial de perícia teve acesso ao material biológico carbonizado da vítima, reduzido, praticamente, a fragmentos de ossos. Sabe-se que é possível obter DNA em condições para análise genética de parte do tecido interno de ossos. Os peritos necessitam escolher, entre cromossomos autossômicos, cromossomos sexuais (X e Y) ou DNAm_t (DNA mitocondrial), a melhor opção para identificação do parentesco da vítima com o referido casal.

Sabe-se que, entre outros aspectos, o número de cópias de um mesmo cromossomo por célula maximiza a chance de se obter moléculas não degradadas pelo calor da explosão.

Com base nessas informações e tendo em vista os diferentes padrões de herança de cada fonte

de DNA citada, a melhor opção para a perícia seria a utilização

- do DNAm_t, transmitido ao longo da linhagem materna, pois, em cada célula humana, há várias cópias dessa molécula.
- do cromossomo X, pois a vítima herdou duas cópias desse cromossomo, estando assim em número superior aos demais.
- do cromossomo autossômico, pois esse cromossomo apresenta maior quantidade de material genético quando comparado aos nucleares, como, por exemplo, o DNAm_t.
- do cromossomo Y, pois, em condições normais, este é transmitido integralmente do pai para toda a prole e está presente em duas cópias em células de indivíduos do sexo feminino.
- de marcadores genéticos em cromossomos autossômicos, pois estes, além de serem transmitidos pelo pai e pela mãe, estão presentes em 44 cópias por célula, e os demais, em apenas uma.

2. (Fuvest-SP) No processo de divisão celular por mitose, chamamos de célula-mãe aquela que entra em divisão e de células-filhas as que se formam como resultado do processo. Ao final da mitose de uma célula, têm-se:

- x a) duas células, cada uma portadora de metade do material genético que a célula-mãe recebeu de sua genitora e a outra metade, recém-sintetizada;
- b) duas células, uma delas com o material genético que a célula-mãe recebeu de sua genitora e a outra célula com o material genético recém-sintetizado;
- c) três células, ou seja, a célula-mãe e duas células-filhas, essas últimas com metade do material genético que a célula-mãe recebeu de sua genitora e a outra metade, recém-sintetizada;
- d) três células, ou seja, a célula-mãe e duas células-filhas, essas últimas contendo material genético recém-sintetizado;
- e) quatro células, duas com material genético recém-sintetizado e duas com o material genético que a célula-mãe recebeu de sua genitora.

3. (Fuvest-SP) Quando afirmamos que o metabolismo da célula é controlado pelo núcleo celular, isso significa que:

- a) todas as reações metabólicas são catalisadas por moléculas e componentes nucleares.
- x b) o núcleo produz moléculas que, no citoplasma, promovem a síntese de enzimas catalisadoras das reações metabólicas.
- c) o núcleo produz e envia, para todas as partes da célula, moléculas que catalisam as reações metabólicas.
- d) dentro do núcleo, moléculas sintetizam enzimas catalisadoras das reações metabólicas.
- e) o conteúdo do núcleo passa para o citoplasma e atua diretamente nas funções celulares, catalisando as reações metabólicas.

4. (UFPB-PB) Um pesquisador observou que, no início do desenvolvimento embrionário de um determinado tipo de animal, as divisões mitóticas ocorriam normalmente, aumentando o número de células, sem que, no entanto, houvesse aumento significativo no tamanho do embrião.

Relacionado a esse fato, observou também que dois períodos do ciclo celular dessas células eram de duração muito curta.

De acordo com essas observações e com os eventos biológicos que acontecem em cada período do ciclo celular, é possível depreender-se que o crescimento das células embrionárias, em questão, ocorre nos períodos do ciclo celular:

- a) G_1 e S .
- b) S e G_2 .
- c) G_2 e mitose.
- d) Mitose e G_1 .
- x e) G_1 e G_2 .

5. (Fuvest-SP) A vinblastina é um quimioterápico usado no tratamento de pacientes com câncer. Sabendo-se que essa substância impede a formação de microtúbulos, pode-se concluir que sua interferência no processo de multiplicação celular ocorre na:

- a) condensação dos cromossomos.
- b) descondensação dos cromossomos.
- c) duplicação dos cromossomos.
- x d) migração dos cromossomos.
- e) reorganização dos nucléolos.

6. (Fuvest-SP) Considere os eventos a seguir, que podem ocorrer na mitose ou na meiose:

- I. Emparelhamento dos cromossomos homólogos duplicados.
- II. Alinhamento dos cromossomos no plano equatorial da célula.
- III. Permutação de segmentos entre cromossomos homólogos.
- IV. Divisão dos centrômeros resultando na separação das cromátides-irmãs.

No processo de multiplicação celular para reparação de tecidos, os eventos relacionados à distribuição equitativa do material genético entre as células resultantes estão indicados em

- a) I e III, apenas.
- x b) II e IV, apenas.
- c) II e III, apenas.
- d) I e IV, apenas.
- e) I, II, III e IV.

Sugestões de consulta

Livros

100 animais ameaçados de extinção no Brasil – E o que você pode fazer para evitar, de Savio Freire Bruno, Ediouro, 2008.

40 contribuições pessoais para a sustentabilidade, de Genebaldo Freire Dias, Global, 2005.

Água – Origem, uso e preservação, de Samuel Murgel Branco, Moderna, 2003.

Animais aquáticos potencialmente perigosos do Brasil – Guia médico e biológico, de Vidal Haddad Júnior, Roca, 2008.

As cartas de Charles Darwin: uma seleta, de Frederick Burkhardt (ed.), Unesp, 2000.

A ciência através dos tempos, de Attico Chassot, Moderna, 2001.

A conservação das florestas tropicais, de Sueli Angelo Furlan e João Carlos Nucci, Atual, 2004.

A goleada de Darwin, de Sandro Souza, Record, 2009.

A maravilhosa aventura da vida, de Clara Pinto Correia, Presença, 2009.

A terceira margem, de Ignacy Sachs, Companhia das Letras, 2009.

A última floresta – A Amazônia na era da globalização, de Mark London e Brian Kelly, Martins Fontes, 2007.

Bioquímica do corpo humano – As bases moleculares do metabolismo, de Fernando de Valencia, Unesp, 2014.

Charles Darwin, a revolução da revolução, de Rebecca Stefoff, Companhia das Letras, 2007.

Clima e meio ambiente, de José Bueno Conti, Atual, 2005.

Darwin a bordo do Beagle, de Richard Keynes, Jorge Zahar, 2004.

Darwin e a evolução explicada aos nossos netos, de Pascal Picq, Unesp, 2015.

Dicionário básico de Biologia, de Octacílio Lessa, Ciência Moderna, 2007.

DNA: o segredo da vida, de James D. Watson e Andrew Berry, Companhia das Letras, 2005.

Do nicho ao lixo – Ambiente, sociedade e educação, de Francisco C. Scarlato e Joel Arnaldo Pontin, Atual, 2009.

Ecoguia – Guia ecológico de A a Z, da Fundação Nicolas Hulot, Landy, 2008.

Ecologia e cidadania, de Carlos Minc, Moderna, 2005.

Era verde? Ecossistemas brasileiros ameaçados, de Zysman Neiman, Atual, 2005.

Evolução: o sentido da Biologia, de Diogo Meyer e Charbel Niño El-Hani, Unesp, 2005.

Genes, povos e línguas, de Luigi Luca Cavalli-Sforza, Companhia das Letras, 2003.

Humanidade sem raças?, de Sérgio D. J. Pena, Publifolha, 2008.

Identidade genética e exame de DNA, de Roseli Borin Ramadan Ahmad, Jurua, 2009.

Infinitas formas de grande beleza, de Sean B. Carroll, Jorge Zahar, 2006.

Isto é Biologia – A Ciência do mundo vivo, de Ernest Mayr, Companhia das Letras, 2008.

Lixo, problema nosso de cada dia, de Suzana Facchini Granato e Neide Simões de Mattos, Saraiva, 2005.

Nossa escolha – Um plano para solucionar a crise climática, de Al Gore, Amarilys, 2009.

Os detetives do DNA, de Anna Meyer, Record, 2008.

O gene egoísta, de Richard Dawkins, Itatiaia, 2001.

O guia completo dos dinossauros do Brasil, de Luiz Anelli, Peirópolis, 2010.

O incrível mundo dos fungos, de Gisela Ramos Terçarioli, Unesp, 2010.

O que é vida?, de Lynn Margulis e Dorion Sagan, Jorge Zahar, 2002.

Para gostar de ler – A história da Biologia, de Robson Fernandes de Farias, Átomo, 2009.

Planeta Terra em perigo, de Elizabeth Kolbert, Globo, 2008.

Polegares e lágrimas e outras peculiaridades que nos tornam humanos, de Chip Walter, Record, 2009.

Seca no Nordeste – Desafios e soluções, de Edith Oliveira de Menezes, Atual, 2005.

Serpentes do Cerrado, de Otavio Marques e André Eterovic, Holos, 2015.

Terra: ontem e hoje – O planeta e as marcas deixadas pelo homem, de Fred Pearce, Larousse, 2008.

Uma introdução aos invertebrados, de Janet Moore, Santos, 2003.

Vivendo no Cerrado... e aprendendo com ele, de Marcelo Ximenes Aguiar Bizerril, Saraiva, 2005.

Sites

(Acessos em: abr. de 2016.)

Biomassas do Brasil

<<http://www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2009/10/biomassas-brasileiros>>
<<http://www.mma.gov.br/publicacoes/biomassas>>
<<http://www.biomassasdobrasil.com>>
<http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/biomassas>
<http://portais.ufg.br/uploads/160/original_uso_sustentavel.pdf>
<http://www.mma.gov.br/estruturas/sfb/_arquivos/web_uso_sustentavel_e_conservacao_dos_recursos_florestais_da_caatinga_95.pdf>
<http://ecologia.ib.usp.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=70&Itemid=409>
<<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-aquatica/zona-costeira-e-marinha/manguezais>>
<http://www4.icmbio.gov.br/cepene/index.php?id_menu=28>

Centros e museus de ciência no Brasil

<<http://www.museudavida.fiocruz.br/media/centros-e-museus-de-ciencia-do-brasil-2015%20novaversao.pdf>>

Citologia

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-38292006000400012>
<<http://www.ufrgs.br/biologiacelularatlas/morfo.htm>>

Ciclo da água

<<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/5033/open/file/index.html>>
<<http://riosvoadores.com.br/>>

Ciclo do carbono

<http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/swf/mud_clima/03_ciclo_do_carbono/03_ciclo_do_carbono.shtml>
<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/recursos/12644/zip/Intervencao%20humana%20no%20ciclo%20do%20carbono/Intervencao_humana_no_ciclo_do_carbono.htm>
<http://www.ige.unicamp.br/lrdg/pdf/55_Carbon_cycle2_pt.pdf>

Ciclo do nitrogênio

<<http://docentes.esalq.usp.br/luagallo/nitrogenio.htm>>
<http://videoseducacionais.cptec.inpe.br/swf/mud_clima/04_ciclo_do_nitrogenio/04_ciclo_do_nitrogenio.shtml>
<http://www.ufpel.edu.br/iqg/livrovirtual/estanteamb_arquivos/nitrogenio.pdf>
<<http://www.portaldaindustria.com.br/cni/imprensa/2015/11/1,77039/video-descoberta-de-johanna-dobereiner-tornou-producao-de-soja-no-brasil-mais-competitiva.html>>

Efeito estufa e equilíbrio ambiental

<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/03/25/mecanizacao-da-colheita-de-cana-diminui-emissao>>
<<http://www.onu.org.br/consequencias-da-poluicao-do-ar-sao-piores-do-que-estimativas-anteriores-alerta-oms>>
<http://eco.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/direito_poluicao.htm>

Mapa interativo do IBGE

<<http://mapas.ibge.gov.br/interativos/ferramentas/>>

Osmose em elódea

<http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/praticas/osmose_elodea.pdf>
<<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/bitstream/handle/mec/16268/Osmose%20em%20c%C3%A9lulas%20vegetais.pdf?sequence=1>>

Pegada de água

<<http://www.pegadahidrica.org/?page=files/home>>
<<http://site.sabesp.com.br/site/fale-conosco/faq.aspx?secaoId=134&cid=27>>
<<http://www.wwf.org.br/?27822/Pegada-Hidrica-incentiva-o-uso-responsavel-da-gua>>
<<http://www.waterfootprint.org/downloads/ManualDeAvaliacaoDaPegadaHidrica.pdf>>
<http://www.meioambiente.pr.gov.br/arquivos/File/coea/pncpr/PEGADA_AGUA.pdf>

Revista Unesp Ciência

<<http://www.unesp.br/revista>>

Unidades de conservação

<http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf2008_dap/_publicacao/149_publicacao05072011052951.pdf>

Gabarito

Respostas para as questões da seção **Testes**.

Unidade 1 – O mundo em que vivemos

Capítulo 1 – Introdução à Biologia

- | | |
|------|------|
| 1. D | 4. B |
| 2. A | 5. C |
| 3. A | 6. C |

Capítulo 2 – Introdução à Ecologia

- | | |
|------|----------------------|
| 1. B | 4. 28 (04 + 08 + 16) |
| 2. D | 5. B |
| 3. D | |

Capítulo 3 – Ecossistemas terrestres e aquáticos

- | | |
|------|------|
| 1. A | 4. C |
| 2. E | 5. A |
| 3. B | 6. E |

Capítulo 4 – Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria

- | | |
|------|----------------------|
| 1. E | 5. D |
| 2. D | 6. C |
| 3. D | 7. D |
| 4. D | 8. 13 (01 + 04 + 08) |

Capítulo 5 – Comunidades e populações

- | | |
|------|-----------------------|
| 1. A | 5. C |
| 2. D | 6. A |
| 3. C | 7. $6(0 + 1 + 2 + 3)$ |
| 4. D | 8. V, F, V, V, F, V |

Capítulo 6 – Alterações ambientais

- | | |
|------|------|
| 1. D | 6. B |
| 2. C | 7. C |
| 3. E | 8. D |
| 4. B | 9. E |
| 5. D | |

Unidade 2 – Origem da vida e Biologia celular

Capítulo 7 – Das origens aos dias de hoje

- | | |
|------|------|
| 1. A | 5. D |
| 2. C | 6. A |
| 3. C | 7. E |
| 4. E | |

Capítulo 8 – A química da vida

- | | |
|------|------|
| 1. D | 4. C |
| 2. E | 5. C |
| 3. E | 6. E |

Capítulo 9 – Citologia e envoltórios celulares

- | | |
|------|------|
| 1. E | 4. A |
| 2. B | 5. B |
| 3. C | |

Capítulo 10 – O citoplasma das células

- | | |
|-------------|-------|
| 1. A | 6. D |
| 2. D | 7. A |
| 3. B, C e D | 8. E |
| 4. B | 9. A |
| 5. E | 10. D |

Capítulo 11 – Metabolismo energético

- | | |
|------|------|
| 1. C | 4. E |
| 2. A | 5. E |
| 3. A | |

Capítulo 12 – Núcleo, divisões celulares e reprodução

- | | |
|------|------|
| 1. A | 4. E |
| 2. A | 5. D |
| 3. B | 6. B |

MANUAL DO PROFESSOR

Orientações didáticas

Apresentação

Em todos os setores da atividade humana, o conhecimento cresce em ritmo acelerado. Tentar acompanhar esse crescimento deve ser, para todos, um procedimento diário, com leitura de jornais, revistas e livros, e com consultas a endereços eletrônicos como os de universidades e instituições governamentais. Mais do que conhecer os grandes avanços do saber, é preciso compreender o significado deles. Na área biológica, por exemplo, cada vez mais são desenvolvidas formas de melhorar a qualidade do ambiente, aumentar a oferta de alimentos, aprimorar as condições de saúde das pessoas e entender os mecanismos que regem a vida. Por esse motivo, podemos afirmar que os conhecimentos biológicos estão assumindo grande importância na formação de todos, havendo necessidade crescente de serem conhecidos por pessoas das mais diversas áreas de atuação.

Para os estudantes do Ensino Médio, esses conhecimentos também são fundamentais, visto que eles seguirão destinos pessoais e profissionais diversificados. Assim, nesta obra, procuramos fazer com que o estudante retome o que já sabe sobre os temas em que vai se aprofundar e, ao longo de seus estudos, aprimore esses saberes, preparando-se para compreender os avanços científicos que certamente virão e para se posicionar de modo mais consistente diante deles.

Nesta obra, as informações e as atividades propostas foram inseridas de forma a proporcionar o desenvolvimento da cidadania e a reflexão do educando, permitindo que ele se perceba como um elemento integrante da natureza. Além disso, os conteúdos estão articulados de modo a favorecer que o estudante entenda a Biologia como um todo. Ao longo desta coleção, tivemos a preocupação de enfatizar a estreita relação entre o conteúdo teórico e a vida prática dos educandos e de manter a consistência conceitual necessária, possibilitando a eles compreender os temas abordados em Biologia. Porém, é você, professor(a), quem deverá adaptar a profundidade na abordagem dos conteúdos aos objetivos que pretende alcançar.

Na elaboração desta obra, contamos com a colaboração de muitas pessoas, a quem somos extremamente gratos.

Esperamos que nosso esforço em oferecer a você, prezado(a) colega, um bom material de apoio atenda às suas expectativas, colabore com seu trabalho em sala de aula e contribua para a formação de pessoas críticas e conscientes. Esperamos também que os educandos tenham nesta obra um material de estudo motivador.

Bom trabalho e conte sempre conosco.

Os autores

Sumário

1. A proposta desta obra	292
1.1. Princípios gerais	292
1.2. Estrutura e abordagem metodológica	293
2. O processo de avaliação do educando	299
3. O educador e sua relação com o educando	301
4. Uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no ensino	302
4.1. Propostas de trabalho com tecnologia	302
5. Cinema no ensino de Biologia	306
6. Explorando museus e outros espaços culturais	309
7. Legislação sobre coleta, manutenção e uso de material biológico	309
8. Documentos norteadores do Ensino Médio e suas relações com esta obra	310
9. Referências bibliográficas	312
10. Comentários por capítulo	314
Unidade 1 – O mundo em que vivemos	314
Capítulo 1 – Introdução à Biologia	314
Capítulo 2 – Introdução à Ecologia	319
Capítulo 3 – Ecossistemas terrestres e aquáticos	321
Capítulo 4 – Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria	325
Capítulo 5 – Comunidades e populações	328
Capítulo 6 – Alterações ambientais	332
Unidade 2 – Origem da vida e Biologia Celular	336
Capítulo 7 – Das origens aos dias de hoje	336
Capítulo 8 – A química da vida	340
Capítulo 9 – Citologia e envoltórios celulares	344
Capítulo 10 – O citoplasma das células	350
Capítulo 11 – Metabolismo energético	353
Capítulo 12 – Núcleo, divisões celulares e reprodução	359
11. Sugestões de atividades extras para o volume 1	363
12. Indagação científica	374
13. Bibliografia	382

1. A proposta desta obra

1.1. Princípios gerais

O Ensino Médio é a etapa final da educação básica e tem como objetivo principal formar o educando para a vida, qualificando-o para a cidadania e capacitando-o para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho.

Estar formado para a vida significa:

- saber informar-se, comunicar-se, argumentar, compreender e agir;
- enfrentar problemas de diferentes naturezas;
- participar socialmente, de forma prática e solidária;
- ser capaz de elaborar críticas ou propostas;
- adquirir atitude de permanente aprendizado.

Visando propiciar o desenvolvimento desses objetivos, os assuntos abordados, sempre com linguagem clara e objetiva, com texto ricamente ilustrado, são acompanhados de atividades que possibilitam a retomada, a reflexão e a ampla participação dos estudantes.

Além disso, os temas e assuntos trabalhados fornecem instrumentos para uma melhor atuação diante de situações do dia a dia e da futura vida profissional e pessoal. Esta obra não objetiva apenas o desenvolvimento de saberes que poderão ser exigidos nos exames de ingresso nas diferentes universidades, mas, sobretudo, procura valorizar os pressupostos do Enem, estimulando o desenvolvimento de competências e habilidades. Como **competência** entende-se a capacidade de agir eficazmente em determinado tipo de situação, apoiando-se em conhecimentos. As competências não são os conhecimentos, mas elas mobilizam, utilizam e integram os conhecimentos. Elas possibilitam dominar e fazer uso das linguagens, construir e aplicar conceitos, selecionar, organizar, interpretar dados, relacionar informações, elaborar propostas etc. Como **habilidades** entende-se o saber fazer, como, por exemplo, a habilidade de redigir um texto, de compor uma tabela, de realizar um experimento controlado etc.

Assim, para elaborarmos esta obra, consideramos que:

- educar é saber ouvir, respeitar, observar, proporcionar novas experiências, orientar e abrir espaço para a interação e a socialização;
- devemos colaborar com a formação de um estudante ativo, crítico, responsável por suas ações e decisões e com ampla visão de mundo, oferecendo-lhe condições para que possa ler e decodificar informações apresentadas pela mídia e situar-se no mundo atual;
- precisamos estimular o educando a desenvolver o conhecimento que já possui, somando a ele os conteúdos

de Biologia, em especial, e esclarecendo como esses conteúdos se interconectam com os de outras áreas;

- o diálogo entre os educandos e entre eles e o educador deve ter como objetivo o desenvolvimento e o aprimoramento da capacidade de comunicação;
- o estudante precisa desenvolver conhecimentos que lhe possibilitem posicionar-se como interlocutor em debates sobre assuntos diversos;
- ao longo do processo de aprendizagem, o educador deve valorizar os saberes que o educando já possui não só da Biologia como também de outras áreas do conhecimento, mas também deve levá-lo a rever esses saberes pela perspectiva das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, o que pode ser um estímulo para que avance na busca de novos desafios;
- a aprendizagem da Biologia deve possibilitar que o estudante faça a distinção entre um fato e a interpretação dele. Isso lhe permitirá perceber conclusões falhas sobre os fenômenos relacionados à vida em diversas situações cotidianas, por estarem pautadas apenas em observações, e não em sua análise efetiva;
- o educando é agente do próprio saber, o qual, na medida em que é socialmente construído, faz sentido para ele, por estar em comunhão com sua realidade, e pode fornecer-lhe respostas a indagações pessoais, servindo de base para a construção da identidade e da cidadania;
- na aquisição de conhecimento, é importante a aprendizagem significativa (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980), pois ela possibilita que o estudante estabeleça relações entre o que já sabe (os chamados conhecimentos prévios presentes em sua estrutura cognitiva¹) e os conceitos a serem aprendidos;
- o ensino deve estimular a curiosidade, articular conhecimentos com competências e desenvolver o gosto pela cultura.

De acordo com as considerações anteriores, apresentamos ideias fundamentais para que o educando possa compreender que:

- o conhecimento científico é produto da cultura humana e, como tal, não pode ser considerado como verdade absoluta, ou seja, acabado, pois está em constante desenvolvimento;
- o conhecimento científico não é baseado em opiniões pessoais, mas na lógica e na experimentação resultantes de reflexões e conclusões de muitos pesquisadores ao longo dos tempos;

1. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a estrutura cognitiva representa "o conteúdo total de ideias de um certo indivíduo e sua organização; ou o conteúdo e organização de suas ideias em uma área particular de conhecimentos". Para Moreira (1999), a estrutura cognitiva é uma rede complexa de conceitos, os quais se encontram organizados segundo uma hierarquia conceitual: há conceitos maiores, entendidos como "mais gerais", aos quais se relacionam conceitos mais específicos.

- o desenvolvimento tecnológico surgiu da união entre a Ciência e a técnica;
- para construir determinados saberes, é necessário consultar diferentes fontes de informação e utilizar diversos recursos tecnológicos;
- não é o simples acúmulo de conhecimentos que leva à evolução do pensamento científico, mas o confronto entre ideias, por vezes contraditórias;
- as novas tecnologias têm exigido indivíduos cada vez mais atualizados e integrados ao processo de transformação da realidade;
- muitos dos conceitos científicos e até mesmo suas nomenclaturas tornaram-se tão frequentes nos meios de comunicação, na vida profissional e no convívio doméstico que já podem ser considerados integrados à linguagem cotidiana;
- para contribuir com a transformação da sociedade e poder torná-la mais justa e igualitária, é necessário entender e acompanhar o avanço tecnológico;
- para ampliar direitos e conquistas sociais ao longo da vida, não se deve ficar à margem dos saberes científicos;
- a consciência crítica é construída diariamente, e não herdada de outros.

Antes de apresentarmos a estrutura da obra, é preciso que você leve em conta uma questão importante referente ao significado do livro didático como um recurso a ser utilizado em sala de aula.

Você, professor(a), é quem mais conhece sua realidade educacional e, por isso, é quem dispõe de elementos essenciais para elaborar um projeto de ensino que atenda às necessidades educacionais específicas dos estudantes. O modo como a obra encontra-se estruturada, com textos e atividades diversificados, reflete nossa preocupação em oferecer um conjunto de elementos com os quais você possa dialogar, orientando os educandos no desenvolvimento de ideias, apresentando exemplos do que está sendo discutido e propondo reflexões sobre os conhecimentos científicos. Cabe a você utilizar e adaptar a obra de acordo com seu fazer pedagógico, até mesmo buscando outras fontes de informação que complementem as discussões sugeridas, como artigos e reportagens envolvendo Ciência.

Segundo Zabala (1998), na prática de sala de aula é importante que o ensino considere situações próximas à realidade do educando e à complexidade intrínseca a ela, suscitando a discussão acerca de problemas envolvidos e que possam ser convenientemente tratados didaticamente.

Ao longo deste Manual, sugerimos possibilidades de interlocução com os educandos com base no que a obra oferece. Esperamos que nossa parceria contribua para o atendimento às necessidades educacionais dos estudantes.

Por fim, destacamos que a obra procurou apresentar o caráter de contínua construção da Ciência, com conhecimentos inacabados e com possibilidade de questiona-

mentos. Além disso, nesta obra, valorizou-se o respeito à vida, procurando-se sensibilizar os educandos quanto a questões éticas envolvendo a integridade de toda e qualquer forma de vida.

Para Sacristán (1991), os materiais didáticos podem estimular e dirigir os processos de ensino e aprendizagem. Segundo ele, os materiais não apenas transmitem informações, favorecendo o desenvolvimento de conceitos, mas também podem aumentar o interesse dos estudantes. Nesse sentido, incentivamos nesta obra a discussão de temas que são atuais e/ou presentes no cotidiano deles.

Antes de passarmos ao próximo item, julgamos importante comentar que, até o momento da finalização desta obra, ainda se encontrava em discussão a Base Nacional Curricular Comum, cuja proposta de reestruturação da escola básica e unificação dos currículos inclui o Ensino Médio. Assim, pautamos nosso trabalho nos documentos oficiais até então existentes, em nossa experiência com esse nível de escolaridade e nas inúmeras manifestações e sugestões que temos recebido de professores do Brasil todo.

1.2. Estrutura e abordagem metodológica

A sequência de assuntos no ensino de Biologia é sempre alvo de debates e várias opções são possíveis. Seja qual for a sequência adotada, porém, ela será considerada adequada se propiciar o estabelecimento de elos entre um tema e outro, de modo a evidenciar aos educandos uma visão da Biologia como um todo integrado. Ao longo desta obra, buscamos integrar os diversos temas de modo que os educandos possam relacioná-los e, assim, perceber que os conhecimentos não são desconectados e cindidos dentro da própria Biologia ou entre a Biologia e outras áreas do saber.

Nesta coleção, composta de um volume para cada ano do Ensino Médio, optamos por organizar a sequência de temas para cada volume de modo a atender às necessidades do maior número possível de professores em todo o Brasil. Buscamos também aproximá-la, com certas adaptações, de algumas das propostas para o ensino de Biologia debatidas nos últimos anos.

Assim, em nossa obra, partimos, no volume 1, de uma visão geral da vida no planeta. Os estudantes têm a oportunidade de analisar as interações entre as comunidades biológicas e os fatores físicos e químicos que compõem os ecossistemas; as relações dessas comunidades entre si; os ciclos biogeoquímicos essenciais à manutenção da vida; as consequências da intervenção humana nos diferentes ambientes; a responsabilidade compartilhada e o uso sustentável da biodiversidade.

Iniciamos, portanto, com ecologia. A seguir, consideramos interessante partir desse cenário atual para levar os estudantes a questionar o dinamismo do nosso

planeta e a história evolutiva da vida. Estimula-se os estudantes a pensar: Será que a Terra sempre foi assim como a conhecemos hoje? Passamos, então, ao estudo da origem da Terra e da vida, de modo a evidenciar os aspectos dinâmicos dos fatores abióticos e bióticos ao longo do tempo. Ao se fazer essa análise, ingressamos na origem e na evolução da unidade da vida: a célula.

A abordagem evolutiva e ecológica é valorizada não só nesse momento, mas em todas as demais seções. Evolução e ecologia são áreas da biologia intimamente ligadas e constituem eixos em torno dos quais os conceitos devem ser trabalhados. O estudo da célula, nesse volume, é apresentado sob o ponto de vista evolutivo e funcional.

O volume 2 trata da diversidade da vida. Na abordagem desse tema, optamos pelo enfoque evolutivo, trazendo logo no início noções de evolução e de sistemática filogenética, para podermos avançar nos diferentes grupos de seres vivos com esse mesmo enfoque.

No volume 3, trazemos o estudo da espécie humana, da evolução e da genética. Cabe ressaltar que o tema evolução, embora aprofundado no volume 3, é abordado tanto no volume 1 quanto no 2, não ficando assim restrito apenas ao último ano do Ensino Médio.

Passamos, a seguir, à descrição de como se organizam as unidades e os capítulos dos volumes, aliando a essa descrição a fundamentação teórica e metodológica que embasou cada uma de nossas escolhas. Consideramos que, desse modo, tornamos mais clara a função de cada um dos componentes da obra.

Abertura de unidade

Os objetivos pedagógicos das aberturas de unidade estão pautados no que Moreira (1999) considera uma das condições importantes para que ocorra a aprendizagem significativa: a predisposição dos estudantes para aprender, o que depende de um esforço deliberado, cognitivo e afetivo.

Nessa perspectiva, na abertura de cada unidade, incluímos uma frase motivadora de algum cientista ou de outra personalidade, relacionada ao tema que será visto. Sugerimos que você a leia com os estudantes para sensibilizá-los sobre o assunto da unidade. Nossa preocupação nesse momento é despertar neles a sensibilidade, a afetividade e o interesse pelo que será abordado. Há também uma fotografia representativa acompanhada de legenda, que, em certos casos, foi escrita de forma mais poética, ou literária.

Em seguida, ainda dentro das perspectivas afetiva e cognitiva, sugerimos que você questione os estudantes acerca de que informações esperam encontrar na unidade e se estas poderiam responder a suas eventuais indagações, conferindo novos significados a elas. Sugerimos que, com a sua mediação como educador(a), a discussão seja ampliada com a classe. É muito importante que todas as considerações levantadas pelos educandos sejam valorizadas, de modo que se estabeleça um vínculo afeti-

vo real, não só com o conteúdo, mas também entre você e a turma, e entre cada um deles.

Além de Moreira (1999), Ausubel, Novak e Hanesian (1980) também consideraram que no desenvolvimento dos processos de aprendizagem há a influência de fatores afetivos, entendidos como determinantes subjetivos e interpessoais da aprendizagem. Essa mesma importância foi destacada por Novak (1981) quando afirmou:

Aprendizagem cognitiva é acompanhada de experiência emocional; por esta razão, o desenvolvimento afetivo será uma concomitante da aprendizagem cognitiva. A experiência emocional tenderá a ser mais produtiva quando a instrução for planejada para otimizar a aprendizagem cognitiva e, conseqüentemente, um positivo desenvolvimento afetivo é maior quando estão presentes condições que favorecem o crescimento cognitivo.

Outro ponto que nos levou à elaboração das aberturas de unidade dessa maneira foi a intenção de despertar a motivação do educando. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) propõem que um fator que favorece a aquisição de novas aprendizagens é a motivação para aprender. Para esses autores, a motivação pode energizar aspectos da aprendizagem do estudante, aumentando seu esforço, atenção e prontidão para aprender. Assim, há uma relação de causa e efeito recíproca entre motivação e aprendizagem: ora a motivação pode ser catalisadora da aprendizagem, ora a aprendizagem pode ser catalisadora da motivação.

Capítulo

Cada capítulo é organizado com página de abertura, texto e atividades.

A **página de abertura** tem dois objetivos principais:

O primeiro refere-se à *fotografia* e à respectiva *legenda*, que são apresentadas em destaque logo abaixo do título do capítulo. Com a apresentação desse conjunto fotografia-legenda, nossa intenção é desenvolver a motivação para aprender, além de permitir a relação dos educandos com o saber. Ainda em continuidade com o que foi apontado para a abertura da unidade, esse saber pretende-se imbuído de sensibilidade e afetividade, criados por meio da observação de imagens. Sugerimos que, antes de ler a legenda da imagem, peça aos estudantes que observem a fotografia e tentem extrair dela uma mensagem, ou seja, o que a imagem “diz” a eles. Assim, esse primeiro objetivo busca retomar, capítulo a capítulo, tudo o que já discutimos para a abertura de unidade de modo a deixar sempre viva a motivação e a afetividade.

O segundo objetivo refere-se à seção seguinte das páginas de abertura – **Pense nisso** –, em que são feitos questionamentos para sensibilização do educando e resgate de seus conhecimentos prévios. Essa seção está pautada em um dos pressupostos teóricos da aprendizagem significativa, a valorização dos conhecimentos prévios dos educandos, que pode ser traduzida da seguinte forma:

antes de cada assunto, deve-se resgatar o que a turma traz de bagagem em sua estrutura cognitiva.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem significativa de novas informações ocorre na medida em que estas se relacionam a um ou mais conceitos específicos presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Esses conceitos específicos já se encontram na estrutura cognitiva do educando antes mesmo do processo de aprendizagem e servem de pontos de ligação, ou seja, de ancoragem às novas informações a serem aprendidas. Assim, tais conceitos, que se apresentam consolidados na estrutura cognitiva do estudante, são capazes de orientar o desenvolvimento de novas informações a serem aprendidas. Esse é o motivo pelo qual se admite que a aprendizagem significativa não é um processo arbitrário à estrutura cognitiva do educando. Logo, para ocorrer uma aprendizagem significativa, é preciso considerar os conhecimentos prévios do estudante. Conforme argumentam Ausubel, Novak e Hanesian (1980), o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o educando já sabe. Assim, recomendamos que você parta dos conhecimentos prévios do educando para o desenvolvimento do capítulo.

É importante considerar que as questões formuladas na seção **Pense nisso** são apenas algumas sugestões para iniciar esse trabalho. Estimulamos você a propor outras, de acordo com suas necessidades e as da turma com que está trabalhando. Em suma, retome os conhecimentos prévios dos educandos e propicie discussões que os levem a refletir sobre suas concepções ao longo do processo de aprendizagem; isso lhes possibilitará identificar se elas apresentam algum equívoco conceitual.

Durante o trabalho com essa seção, propicie aos educandos a exposição oral ou escrita das respostas aos questionamentos, de forma a realizar um trabalho integrado e a estimular a comunicação e o relacionamento cordial entre todos. Nesse momento, deve-se valorizar o compartilhamento de saberes por meio de trocas de informações, relatos, discussões e exemplos a respeito do assunto proposto. Em busca desse objetivo, recorra a situações pedagógicas que possam despertar nos educandos o desejo de expor aos colegas e a você seus conhecimentos prévios. Esse compartilhar de conhecimentos possibilita a eles atribuir sentido aos conteúdos propostos no capítulo. Nesse momento é importante considerar que os estudantes do Ensino Médio trazem consigo um conjunto de saberes a respeito da natureza e de seus componentes, e de valores biológicos e não biológicos adquiridos com base em seus estudos no Ensino Fundamental e em experiências vividas em seu contexto sociocultural. Valorizar seus interesses e suas curiosidades é fundamental na construção dos conhecimentos científicos.

Na seção **Pense nisso**, questione e estimule, não ofereça respostas. No decorrer do desenvolvimento do tema do capítulo, explore os conhecimentos prévios dos educandos

que foram levantados, a fim de que percebam eventuais incoerências. Essa constatação exigirá a necessidade de desenvolver ideias relacionadas aos conceitos, havendo, assim, o estabelecimento de novas relações cognitivas dos estudantes com seus conhecimentos prévios.

Após a seção **Pense nisso**, inicia-se o texto do capítulo, que pode conter dois tipos de box, ou quadro, e alguns textos destacados, de ampliação de conteúdo. O número e a frequência de cada um desses tipos de box varia nos diferentes capítulos.

Os boxes denominados **Despertando ideias** propõem realização ou interpretação de experimentos que possam levantar questionamentos sobre o assunto que será tratado posteriormente a eles, abrindo espaço para discussão, ou mesmo prover percepções concretas sobre as quais os educandos poderão alicerçar novos conceitos mais abstratos e formais.

Os boxes **Colocando em foco** propõem uma abordagem transversal dos temas do capítulo, tratando de assuntos relacionados à qualidade de vida e da saúde das pessoas, vida em sociedade e à sustentabilidade do planeta, à utilização ética de seres vivos para benefício da sociedade humana, à história das ciências e como cientistas, ao longo dos anos, colaboraram e colaboram para o desenvolvimento da sociedade, entre outros. Os textos desses boxes pretendem aproximar ainda mais a Biologia do cotidiano do estudante e envolvê-lo em situações que despertem a afetividade e a cognição. Sempre que necessário, esses textos são comentados, neste Manual, nos comentários gerais ao capítulo.

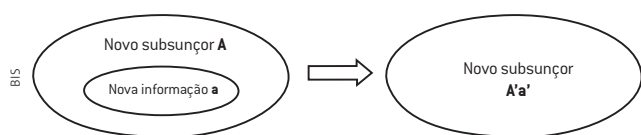
Além dos boxes, o texto é ilustrado por imagens, como fotografias, esquemas, tabelas ou quadros, mapas, infográficos e gráficos, compondo com a parte escrita um todo indissociável. De acordo com Bruzzo (2004), as imagens incluídas nos livros apresentam diversos conteúdos que podem substituir páginas de texto. Com base no potencial informativo das imagens, pode-se também usá-las como modelos para elaboração de esquemas no quadro e para conduzir as discussões durante as aulas.

Novamente, recomendamos a importância de se partir dos conhecimentos prévios dos educandos para o desenvolvimento do teor do capítulo.

Para cada um dos educandos, os conhecimentos prévios, também chamados *subsúncos*, vão se relacionar às informações a serem aprendidas, podendo, em cada situação, ocorrer um ou mais dos seguintes tipos de aprendizagem significativa: subordinada, superordenada e combinatória (Moreira, 1999).

Na aprendizagem significativa subordinada (figura 1), os subsúncos são mais amplos que a nova informação a ser aprendida e os estudantes acabam por englobá-la ou incorporá-la. Fala-se que o subsunção é mais inclusivo, ou seja, mais abrangente que a nova informação. Representando por **A** o subsunção mais inclusivo e por **a** a nova informação menos inclusiva, **A** assimila **a** e ambos se

modificam com a interação, formando um novo subsunçor **A'a'**. Em síntese, ocorre uma subordinação de **A** à estrutura cognitiva do estudante.



Para Moreira (1999), grande parte da aprendizagem significativa é do tipo subordinada.

A aprendizagem significativa superordenada ocorre quando os subsunçores são menos abrangentes, ou seja, menos inclusivos que a nova informação ou conceito a ser aprendido (figura 2). Essa situação é oposta à aprendizagem subordinada, em que os subsunçores são mais abrangentes que as novas informações, englobando-os. Na aprendizagem superordenada, por serem os subsunçores menos abrangentes que o novo conceito, não são eles que englobam a nova informação, mas a nova informação é que engloba os subsunçores. Supondo que **A** seja a nova informação mais abrangente que os subsunçores **a¹**, **a²** e **a³**, na aprendizagem superordenada, **A** engloba esses subsunçores, que, por serem parte de **A**, passam a representar especificações dele.

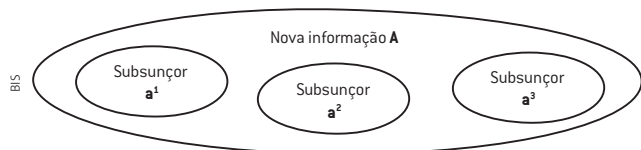


Figura 2. Diagrama representando como se relacionam os subsunçores com as novas informações no processo de aprendizagem significativa superordenada.

A aprendizagem significativa combinatória ocorre quando uma nova informação não se relaciona a conceitos subsunçores mais abrangentes, como acontece no caso da aprendizagem subordinada, nem menos abrangentes, como ocorre no caso da aprendizagem superordenada. A nova informação será igualmente abrangente a um ou mais conceitos que já existem na estrutura cognitiva do educando. Nesse caso, a nova informação passa a estabelecer com os subsunçores uma nova associação combinatória. Sendo a nova informação representada por **A**, ela vai se combinar com o subsunçor **B**, ou com outros, como **C** e **D**, igualmente amplos, existentes na estrutura cognitiva do educando (figura 3).



Figura 3. Diagrama representando como se relacionam os subsunçores com as novas informações no processo de aprendizagem significativa combinatória.

Na aprendizagem significativa, seja subordinada, superordenada ou combinatória, cada novo conceito que foi incorporado à estrutura cognitiva do educando passa por processos de diferenciação e de interação com outros conceitos subsunçores. Assim, o que é aprendido significativamente se integra à rede conceitual do educando, dando a ela maior complexidade e detalhamento.

Além dos processos de interação e diferenciação entre novos conceitos e subsunçores, na aprendizagem significativa ocorre a *reconciliação integrativa*. Esse processo consiste na reorganização dos conceitos incorporados, os quais passam então a adquirir novos significados. Retomam-se os conceitos mais inclusivos da estrutura cognitiva dos educandos, buscando-se, via exemplos, novos significados para esses conceitos. Nesta obra, esses pontos foram considerados, visto que em diversos momentos se faz a contextualização dos diferentes assuntos.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), levando-se em conta a forma como os conteúdos são apresentados ao estudante, a aprendizagem significativa pode ser receptiva ou por descoberta.

Em situações em que se apresentam ao educando os conteúdos a serem aprendidos em sua forma final ou bem próxima dela, observa-se a aprendizagem significativa por recepção. É importante ressaltar que a ocorrência de aprendizagem receptiva não impede o educando de atingir uma aprendizagem significativa. Nesse caso, uma vez que haja acesso aos conteúdos em sua forma final, o educando deve trilhar caminhos por onde seja possível estabelecer relações substantivas entre os subsunçores e as novas informações. A aprendizagem receptiva não deve ser confundida com aprendizagem passiva, sem participação ativa do estudante.

A aprendizagem por descoberta desenvolve-se em situações nas quais o educando deve descobrir gradativamente os conteúdos a serem aprendidos. Para isso, recomenda-se que sejam propostas situações desafiadoras nas quais os questionamentos são usados como estratégia para que os educandos se coloquem e, aos poucos, cheguem aos objetivos de aprendizagem.

Esta obra permite trabalhar com os educandos a aprendizagem das duas formas: a aprendizagem por recepção e a por descoberta. Você pode optar por usar essas duas formas de apresentação do conteúdo dependendo do tema do capítulo, que pode ser mais propício para uma dessas maneiras de trabalhar. Neste Manual, na parte referente a cada um dos volumes desta coleção, apresentamos algumas sugestões de atividades extras para você desenvolver em sala tomando como exemplo alguns dos temas abordados. Reforçamos, mais uma vez, que são apenas algumas sugestões e estimulamos que você faça a devida adequação às suas necessidades.

Ao final do texto principal do capítulo, há quatro seções de atividades com objetivos educacionais especificados a seguir.

Na seção **Tema para discussão**, foram selecionados textos com diferentes peculiaridades e objetivos: ampliar a visão do estudante sobre os assuntos relacionados ao capítulo, aproximar ainda mais o tema do capítulo ao cotidiano, propor questões formativas e despertá-lo para o exercício da cidadania. Sugerimos que sejam exploradas todas as potencialidades de cada um dos textos e das propostas de atividades que a ele se seguem. Entre essas atividades estão pesquisas, debates, redação de textos de divulgação, montagem de diagramas e modelagem (especialmente com massa de modelar), produção de *blogs* e discussões em fóruns, difusão do conhecimento para a comunidade onde vive.

Na seção **Retomando**, cada estudante é convidado a retomar as respostas que deu às questões da seção **Pense nisso**, com o objetivo de que ele verifique se relacionou novos conceitos aos conhecimentos prévios. Recomendamos que você amplie a seção **Retomando**, incorporando o que foi levantado no início do capítulo por toda a classe, e outras questões que você tenha proposto.

Na seção **Ampliando e integrando conhecimentos**, as atividades são diversificadas e contextualizadas, visando desenvolver diferentes habilidades e competências, além de integrar os conhecimentos com outras áreas do saber. Nessa seção, tomou-se também por referência a matriz de habilidades do novo **Exame Nacional do Ensino Médio (Enem)**. No Livro do Estudante, próximo ao título de cada atividade dessa seção, você também encontrará, em cor-de-rosa, as habilidades do Enem relacionadas a ela. Essa seção propõe poucas questões, mas que, como regra geral, exigem maior dedicação dos estudantes. Elas não são questões que apenas cobram o que já foi discutido no capítulo, mas que ampliam e integram os conhecimentos, desafiando o educando a ir além do que estudou.

Para cada uma das atividades propostas na seção **Ampliando e integrando conhecimentos** há, neste Manual, duas subseções:

- **Sobre a estratégia:** além de apresentar informações complementares e fontes alternativas, descrevemos e/ou sugerimos maneiras de abordar as atividades.
- **O que se espera:** são as sugestões de respostas válidas.

As seções **Tema para discussão** e **Ampliando e integrando conhecimentos** propiciam que cada educando aprenda com os demais algumas maneiras de ser e de compreender o mundo, o que representa uma colaboração para a construção de uma sociedade democrática e pluralista.

A última seção de atividades é a de **Testes** de diversos vestibulares e do Enem, que visa possibilitar ao estudante o contato com diferentes tipos de questões. Responder a uma questão de vestibular representa mais uma importante situação de aprendizagem e avaliação. Cabe observar que os objetivos do Enem mudaram ao longo do tempo: ele foi criado em 1998 para avaliar o estudante e a educação básica; sofreu a primeira modificação em 2006 e outra em 2009, abrindo a possibilidade de uso do resultado do Enem para ingresso nas universidades.

A estruturação de todo o capítulo, desde a página de abertura até o final da seção de testes, teve como preocupação, além do trabalho com a aprendizagem significativa, as diferentes dimensões da aprendizagem conforme descrito por Zabala (1998), que considera que em toda aprendizagem há conteúdos de diferentes naturezas que são desenvolvidos pelos educandos. Trata-se dos chamados *conteúdos de aprendizagem*. A abordagem de Zabala quanto aos conteúdos constitui uma proposta de analisar o processo de aprendizagem em três dimensões distintas: a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Ao propor a tipificação dos conteúdos, Zabala busca um aprofundamento em cada dimensão do pensamento e do comportamento humanos, com o intuito de realizar uma análise mais apurada da aprendizagem.

É preciso salientar que, para Zabala, a aprendizagem não pode ser compreendida de forma segmentada, com os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais compartimentalizados. A aprendizagem de um conteúdo implica a aprendizagem de outros conteúdos a ele relacionados.

A aprendizagem de um dado conceito implica uma elaboração pessoal de compreensão de seu significado, objetivo mais específico da seção **Retomando**.

Os conteúdos procedimentais abrangem regras, técnicas, métodos, habilidades, estratégias e procedimentos, os quais representam o “saber fazer”.

O fazer deve ser progressivo, de etapa em etapa, aprendendo-se cada ação necessária à tarefa como um todo. Além disso, o fazer deve ser acompanhado de uma reflexão crítica sobre o que o educando pensa, buscando melhorar cada vez mais suas ações. A aprendizagem de um modo de executar uma tarefa possibilita a aprendizagem de outras maneiras de realizar essa mesma tarefa. Os conteúdos procedimentais devem ser aplicados em situações distintas, permitindo que os educandos os exercitem em diversas ocasiões.

Os conteúdos atitudinais estão relacionados a valores, atitudes e normas.

Valores referem-se a princípios éticos a partir dos quais os indivíduos emitem um juízo sobre as condutas.

Atitudes são tendências das pessoas para atuarem de certo modo. Representam a forma como cada pessoa realiza sua conduta de acordo com valores determinados. As atitudes reflexivas envolvem consciência por parte das pessoas quanto aos valores que as regem. As atitudes intuitivas não apresentam esse nível de consciência. Zabala (1998) considera que uma pessoa aprende uma atitude quando pensa, sente e atua de uma forma mais ou menos constante diante de um objeto de conhecimento concreto.

Normas são padrões ou regras de comportamento impostas a todos os indivíduos pertencentes a um grupo social. Indicam o que é permitido fazer ou não em um grupo. A aprendizagem de uma norma pode ocorrer mediante a aceitação de que não é preciso compreender os motivos que a levam a ser cumprida; ou, então, devido à

aceitação de uma norma como regra básica de funcionamento de uma coletividade.

Além da aprendizagem de novos conteúdos conceituais, os principais objetivos da seção **Tema para discussão** são as aprendizagens de conteúdos procedimentais e atitudinais, dentro das perspectivas aqui mencionadas.

Ao almejarmos o desenvolvimento de um estudante participativo, tanto nas aulas como na sociedade, devemos assegurar que sejam executados procedimentos que também precisam ser internalizados. Nossas sugestões de atividades visam, portanto, atender a objetivos como **redigir um texto; ler uma imagem; buscar informações; falar em público usando argumentação; seguir orientações; estabelecer relações; ler e analisar gráficos, tabelas e esquemas; produzir desenhos e emitir opinião**. Cada educando apresenta características, habilidades e necessidades de aprendizagem únicas que o tornam um sujeito com características particulares. Assim, o desafio do ensino está em considerar o ritmo de aprendizagem de cada um e acomodá-lo ao ritmo de aprendizagem da turma. Isso é possível nas situações pedagógicas coletivas, caso do **Tema para discussão**, da seção **Ampliando e integrando conhecimentos** e das seções iniciais da abertura da unidade e da página inicial do capítulo. Também dentro dessa perspectiva, incentivamos que você considere esses aspectos ao lidar com o conteúdo do capítulo em si. A organização coletiva dos conceitos é fundamental para favorecer a construção de uma sociedade democrática.

Novak (1981) afirma que, entre outros fatores que influenciam a resposta emocional, estão as oportunidades para associação humana, que, como já citamos, são reforçadas em vários momentos na presente obra. Segundo Novak, as fontes mais ricas de experiência emocional resultam de associações humanas positivas, as quais fortalecem a confiança pessoal e oferecem apoio emocional para outros desafios.

Para Novak, os seres humanos pensam, sentem e atuam (fazem), e propostas educacionais deveriam buscar formas de melhorar as maneiras pelas quais os seres pensam, sentem e atuam. Ações realizadas em contextos de aprendizagem possibilitariam, assim, trocar significados (pensar) e sentimentos entre educando e educador.

Moreira (1999) afirma que, para identificar evidências da ocorrência da aprendizagem significativa, os aprendizes devem responder a questões que envolvam soluções de problemas, sendo-lhes novas no sentido de exigirem a máxima transformação do conhecimento trabalhado no processo de aprendizagem. Até mesmo a apresentação de testes familiares ao estudante, com um enunciado diferente do original, ou a apresentação deles em outro contexto seriam válidas.

A adoção dessas medidas possibilita descartar a simulação da aprendizagem significativa. Nesse sentido, há vários momentos nos capítulos em que essas situações são esti-

muladas, o que também acontece nas seções **Despertando ideias, Ampliando e integrando conhecimentos** e **Testes**.

As atividades propostas na obra são complementadas por outras descritas ao final deste Manual. Nosso objetivo, com isso, é apresentar algumas diferentes maneiras de atuar, atendendo a diversas etapas da aprendizagem, assim como colaborar para que sejam atingidos seus objetivos pedagógicos e aqueles expressados pela escola.

Consideramos que, se os conteúdos de Biologia, mesmo os mais complexos, tiverem um significado para os estudantes, essa aproximação se fará de maneira mais convidativa, pois, ao desafiá-los com estratégias diversificadas e contextualizadas, estamos instigando-os a buscar o conhecimento de forma prazerosa e aproximando-os do conhecimento científico.

Cabe só a você, educador(a), escolher a estratégia mais direcionada aos seus objetivos.

Sabemos que uma única estratégia de ensino, por mais sucesso que tenhamos ao usá-la, tem pouca chance de garantir, sozinha, o aprendizado. Assim, julgamos que o processo ensinar/aprender por meio de aulas expositivas, mesmo que dialogadas, pode desempenhar (e desempenha) muito bem sua função em determinados momentos, mas, da mesma forma que outras estratégias, isso não garante por si só a aprendizagem. Há a necessidade de compreendermos os limites de cada uma delas quanto aos objetivos que podem atingir, usando-as a favor do nosso trabalho e no momento mais apropriado. Além disso, ao empregarmos estratégias diferenciadas, também estamos possibilitando aos educandos desenvolver habilidades que não poderiam ser produzidas em uma aula teórica.

A vontade de saber é inerente ao ser humano; contudo, ninguém aprende o que não compreende. Assim como você, ao planejar seu currículo, não queremos que os estudantes apenas memorizem mecanicamente os conceitos.

Percebemos que a construção de um conceito se faz por meio de etapas e que a garantia da aprendizagem não está condicionada a uma única atividade. Devemos empregar estratégias adequadas no momento de avaliarmos o processo de aprendizagem por meio das produções dos educandos, sejam elas um gráfico, o registro de um comando, a resposta a uma questão, o comentário a respeito de uma notícia de jornal ou de uma imagem, ou a opinião dada na aula. Uma atividade pode atender a uma ou mais dessas etapas, bem como costuma haver diferentes atividades que podem atingir o objetivo de cada etapa.

Acreditamos que investir tempo em atividades diferenciadas no processo de aprender/ensinar é uma maneira de ganhar no produto final.

Propomos que você adapte as estratégias didáticas constantes não apenas no livro como também as que são sugeridas ao final deste Manual e que desenvolva outras de acordo com suas necessidades.

2. O processo de avaliação do educando

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei Nº 9.394/1996) estabelece que a avaliação deve ser contínua e priorizar a qualidade e o processo da aprendizagem, proporcionando a verificação do desempenho do educando ao longo de todo o ano, e não apenas em uma prova ou em um trabalho. Essa forma de avaliar é chamada de *avaliação formativa* e não tem como pressuposto a punição ou a premiação. Ela considera que cada educando possui um modo de aprender e faz isso em um ritmo próprio, e propõe que o professor diversifique as estratégias de avaliação para que possa acompanhar e avaliar o processo de aprendizagem do estudante.

Existem diversos instrumentos para analisar o desempenho dos educandos. Independentemente do que for utilizado, você, professor(a), deve ter em mente que a avaliação tem de provocar neles uma reflexão quanto a suas propostas de ensino e, se for o caso, repensá-las, de forma que efetivamente possam oferecer ao educando as condições essenciais para que este desenvolva a aprendizagem.

A avaliação mais tradicional – chamada somativa ou classificatória – geralmente é realizada ao final de um tópico do conteúdo e tem como objetivo principal definir uma nota ou estabelecer um conceito, ou seja, dizer se os estudantes aprenderam ou não, e ordená-los segundo seu desempenho, dos que obtiveram notas mais baixas até os que obtiveram notas mais elevadas.

Restringir a avaliação a exames pontuais com atribuição de notas e calcular a média dos resultados não possibilita apreender a qualidade do aprendizado. A nota é apenas uma representação simplificada de um momento do processo de aprendizagem, que muitas vezes não mostra o crescimento do estudante em relação a si próprio e aos objetivos propostos. A avaliação escolar só faz sentido se tiver o intuito de buscar caminhos para o aprendizado e não deve ser usada como punição, mas como um instrumento que auxilie o estudante em seu desenvolvimento.

A avaliação pode ser feita por meio de várias estratégias. Ao escolher entre uma ou outra, é importante que o educador explicita a forma de avaliação proposta, para que o educando entenda os objetivos que se pretende atingir e saiba quais pontos estão sendo mais valorizados em um dado momento do processo educacional.

Alguns passos para uma avaliação global do educando podem ser resumidos da seguinte forma:

- avaliação inicial ou diagnóstica – é o resgate do conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema; uma forma de conduzi-la é pedir a eles que se manifestem

sobre o que sabem a respeito do assunto a ser abordado; isso pode ser feito a cada aula ou no momento em que um novo assunto é comentado, como é proposto na seção **Pense nisso**; a participação do educando nessa fase de levantamento deve ser levada em conta na avaliação final, mas a informação que ele traz do senso comum não deve ser medida para nota; ela serve apenas para informar a você, professor(a), de que ponto o educando partiu e quanto avançou após a sistematização do conhecimento, objetivo maior da seção **Retomando**, que recomendamos a você ampliar de acordo com suas necessidades;

- avaliação processual ou reguladora – é o conjunto de aferições feitas no decorrer do processo de ensino e aprendizagem; esse trabalho serve tanto para mostrar ao educador se determinada estratégia didática está dando resultados como para o educando se balizar em seu processo de aprendizado; o conjunto de aferições deve contemplar diferentes instrumentos. No caso de você, professor(a), não ficar satisfeito(a) com os resultados alcançados, há possibilidade de modificar seus métodos. Ao tratar as diferentes seções apresentadas nesta obra, em especial nas seções **Despertando ideias**, **Tema para discussão** e **Ampliando e integrando conhecimentos**, você poderá fazer uso dessa forma de avaliação ao analisar a participação dos estudantes;
- avaliação integradora – momento em que o educador estabelece o conceito final de cada educando com base em tudo o que observou e anotou durante o processo educacional.

Para um mesmo período de avaliação, você, educador(a), pode selecionar algumas estratégias e mesclar as informações de maneira a ter uma avaliação mais consistente sobre a aprendizagem de cada educando.

Esta obra foi organizada de forma a colaborar como parte do processo de avaliação do educando. Anteriormente foram destacadas algumas seções que podem ser empregadas na avaliação. A seguir, sugerimos outros momentos.

1. Avaliação da participação do educando em sala de aula – nesse caso, pode-se considerar o interesse na aula, manifestado sob a forma de respostas às perguntas que o educador faz, entrega das atividades extraclasse solicitadas e postura adequada e respeitosa diante dele e dos colegas.
2. Trabalhos individuais de pesquisa – ao solicitar uma pesquisa, não se deve simplesmente passar o tema para o educando; é importante que ele seja acompanhado na realização desse processo; no primeiro momento ou na primeira atividade de pesquisa pedida, o educando deve

ser orientado sobre como pode encontrar a informação, em que fontes buscá-la e como procurá-la; esse procedimento é de extrema valia para a formação do educando, pois, diante da grande quantidade de informações hoje disponíveis e da velocidade com que surgem, será uma ferramenta útil para a vida toda. A pesquisa pode ser apresentada sob forma de texto, devendo o educando ser orientado nos passos a serem seguidos para sua elaboração, bem como na metodologia de citação das referências bibliográficas. Além do trabalho escrito, é interessante propor uma apresentação oral, como um seminário, por exemplo, sempre orientando o educando quanto à técnica de apresentação sugerida.

3. Trabalhos em grupo – a avaliação, nesses casos, pode ser feita considerando-se diferentes aspectos, como a qualidade do trabalho em si, a autoavaliação do educando quanto à sua atuação no grupo e a avaliação de cada membro do grupo em relação à atuação de cada colega.
4. Autoavaliação – pode-se pedir aos educandos que façam relatórios individuais contando o que já sabiam a respeito do assunto, como participaram das tarefas, o que aprenderam e as dificuldades encontradas. Para isso, é fundamental orientar os educandos sobre como proceder, dando clareza a essa proposta de avaliação e propiciando a reflexão sobre o desenvolvimento individual ao longo do processo de aprendizagem de determinado tema. As conclusões da autoavaliação podem servir tanto para desencadear ações individuais como para redefinir os rumos de um projeto coletivo. Esse processo pode ir além da análise do domínio de conteúdos e conceitos e mostrar como está a relação entre os colegas e dos educandos com o educador, como está a evolução do aprendizado de cada um e como cada um dos educandos aprende. Além de ser mais um instrumento para melhorar o trabalho docente, a autoavaliação é uma maneira de promover a autonomia do educando. Para que isso realmente aconteça, ele deve dizer o que sabe e o que não sabe sem medo de ser punido.

Além de todas as maneiras de avaliar, você, professor(a), pode aplicar mais um instrumento, que é a prova. Ao elaborá-la, é de suma importância incluir diferentes tipos de questões (dissertativas, testes de múltipla escolha, entre outras).

Ao trabalhar com cada um dos temas desta coleção, sugerimos que você faça uma avaliação integradora, estabelecendo o conceito final com base em tudo o que se observou e se anotou durante determinado período,

além de outros instrumentos de avaliação que considere necessários.

Terminada a avaliação integradora, com a observação diária e multidimensional e o uso de instrumentos diversificados (não somente provas), passa-se à fase da atribuição de conceitos. O ideal é que esses conceitos sejam acompanhados de uma avaliação escrita dos processos envolvidos na aprendizagem do educando, visto que essas informações dizem muito mais que a nota ou o conceito final.

Enquanto o educando é avaliado, ele expõe sua capacidade de raciocinar e criar histórias, seu modo de entender e de viver. Por isso, todas as atividades que forem pedidas ao educando devem ser avaliadas e devolvidas a ele com os respectivos comentários, que devem ser feitos de maneira construtiva, sempre respeitando o ritmo do estudante. Essa forma multidimensional de avaliação propicia a aprendizagem, pois o educador passa a observar o educando sob diferentes aspectos, identificando necessidades, e não problemas de aprendizagem, de maneira que o educando se sente incluído no grupo e motivado a vencer os desafios. Em hipótese alguma se deve estigmatizar o educando como se fosse alguém com hábitos e ideias imutáveis, incapaz de se rever e modificar. Deve-se tentar entender por que ele se comporta de determinada forma diante de uma situação. Rotular o educando não contribui para seu crescimento como ser humano (pode, aliás, ter péssimas consequências).

Por último, não podemos perder de vista que o resultado da avaliação interessa a quatro públicos:

- ao educando, entendido como sujeito ativo no processo educacional e que, como tal, precisa saber como aprende, podendo assim empenhar-se na superação de suas dificuldades de aprendizagem;
- aos responsáveis pelo educando e por parte significativa dos estímulos que recebe;
- ao educador, que precisa constantemente avaliar a própria prática;
- à equipe docente, que deve garantir continuidade e coerência no percurso escolar do educando.

Por uma questão de coerência com o que foi aqui exposto, a divulgação da avaliação escolar deve ser entregue ao próprio estudante, evitando-se a exposição de notas em murais, o que pode estimular a rotulagem dos educandos, prejudicando a superação de suas dificuldades de aprendizagem.

3. O educador e sua relação com o educando

Ao longo de sua obra, Paulo Freire criticou os modelos educacionais tradicionais de ensino por entender que neles falta um caráter transformador da realidade humana e social.

Nas palavras de Freire (1970), nos modelos tradicionais, o educador deposita informações nos educandos como se fosse uma educação bancária. Dessa forma, o ser humano é estimulado a ser mero espectador do mundo, com tendência a permanecer como é: o sujeito não se indaga, não busca respostas nem cria novas maneiras de “se fazer no mundo, com o mundo e com os outros”.

Em suma, na educação bancária o educador acredita ser o dono do saber e empossa-se como o sujeito do processo educativo.

O que, então, Freire (1970) propõe é uma educação problematizadora e libertadora.

O caráter da educação problematizadora é autenticamente reflexivo, com um constante ato de desvelamento da realidade. Há uma busca pela emergência das consciências que pode resultar na inserção crítica dos seres humanos na realidade.

O modelo de educação transformadora defende a ideia de que o ser humano “está sendo”, pois é inconcluso, isto é, inacabado por natureza (Freire, 1996).

Na proposta problematizadora, a educação não se restringe a um ato de narrar, depositar, transferir conhecimentos e valores aos educandos. Trata-se de um processo cognoscente em que os sujeitos – tanto educando como educador – encaram o objeto cognoscível (o saber) como um meio para lutarem pela transformação da realidade, o que implica também a transformação de si mesmos.

Freire (1970) defende que na educação libertadora não haveria a verticalidade na relação entre educador e educandos, chegando a afirmar que ninguém educa ninguém, mas são os seres humanos que se educam. Uma possível interpretação dessa ideia seria a de que o educador, cujo saber foi adquirido em sua formação como especialista de determinada área de uma disciplina escolar, procura ensinar os educandos, o que não equivale a educar. O ato de educar envolve uma dimensão mais ampla que ensinar conteúdos conceituais específicos: consiste, como já dito, em valorizar o outro em um contínuo exercício de “se fazer no mundo, com o mundo e com os outros”.

Como, então, na educação problematizadora é possível que os universos de saberes de educador e educandos sejam compartilhados, em uma troca de experiências?

A resposta está no tipo de relação entre educador e educando, que deve ser baseada no diálogo, acerca do qual Freire (1970) faz as considerações a seguir:

O diálogo, como encontro dos homens para a tarefa comum de saber agir, se rompe, se seus polos (ou um deles) perdem a humildade.

Como posso dialogar, se alieno a ignorância, isto é, se a vejo sempre no outro, nunca em mim?

[...]

Como posso dialogar, se me sinto participante de um “gueto” de homens puros, donos da verdade e do saber, para quem todos os que estão fora são “essa gente”, ou são “nativos inferiores”?

[...]

Como posso dialogar, se me fecho à contribuição dos outros, que jamais reconheço, e até me sinto ofendido com ela?

O diálogo não significa apenas a comunicação entre duas pessoas, mas sim o amplo intercâmbio de discursos, em que as pessoas sabem ouvir e refletir sobre a argumentação dos diferentes interlocutores. O professor deve estimular o estudante para que tome consciência de seus potenciais e reconheça neles o meio de conseguir a transformação de sua realidade. O educador deve adequar seu fazer pedagógico para favorecer a aprendizagem do educando, levando em conta também a singularidade deste.

Qualquer educando, dessa maneira, tem condições de utilizar os próprios recursos para realizar as atividades. E é nesse ponto que o educando pode tomar consciência de suas potencialidades para a execução das tarefas. Além disso, caso tenham se revelado novas potencialidades, mas o educando não as tenha percebido, o educador atento pode apontá-las, tornando-o consciente delas.

Quanto à afirmação de que é preciso estimular a postura ativa do educando, presente no discurso freiriano, é possível estabelecer um paralelo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980). Para esses autores, na lógica da aprendizagem ativa, cabe ao educando a maior responsabilidade por sua realização e, ao professor, a posição de apresentar as ideias mais significativas possíveis. O educador deve orientar os educandos no processo de aprendizagem, mas a organização das ideias é tarefa do educando, pois é ele quem deverá ter a capacidade de torná-las significativas em sua estrutura cognitiva particular.

Ao longo dos capítulos desta obra, muitos são os momentos em que essa interação é estimulada, como já explicado anteriormente nesse Manual.

4. Uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no ensino

As transformações tecnológicas vivenciadas a partir da Segunda Guerra Mundial foram e ainda são grandes vetores de transformação da sociedade. Desde as pesquisas em saúde até aquelas que permitiram a conquista do espaço, o progresso tecnológico vem modificando rapidamente o modo de vida e a maneira como as pessoas compreendem o mundo e se relacionam com ele.

Dentro desse processo, merece especial destaque a revolução proporcionada pelo avanço nas tecnologias de informação e comunicação (TIC). O advento dos computadores e, posteriormente, da internet possibilitou que o conhecimento humano fosse compartilhado com velocidade e alcance jamais experimentados. As TIC, dessa maneira, são uma força que acelera todo o processo de evolução tecnológica, por permitir a disseminação de conhecimento em todas as áreas – uma verdadeira revolução da revolução.

A escola não ficou de fora dessas transformações. O gradual acesso ao uso do computador, e suas variações (*tablets* e *smartphones*), levou a um aumento na diversidade de maneiras de utilização dessas ferramentas pelos professores, garantindo o desenvolvimento de novas propostas e abordagens. Atualmente, o cenário no Brasil se caracteriza pela grande disponibilidade de computadores com acesso à internet nas escolas. A demanda pelo uso dessas tecnologias na escola é cada vez mais evidente.

Embora o acesso às TIC esteja cada vez maior nas escolas, a simples presença dessas tecnologias não garante resultados satisfatórios na melhoria da relação de ensino-aprendizagem e no desenvolvimento do currículo (Costa e Viseu, 2007).

O uso das TIC na educação é um tema em constante debate, com novas propostas surgindo com relativa velocidade. Sendo assim, é bastante proveitoso manter-se atualizado(a). A seguir, indicamos *sites* que ajudarão você nessa tarefa (acessos em: mar. 2016):

- <<http://www.porvir.org>>
- <<http://www.educacaoetecnologia.org.br>>

4.1. Propostas de trabalho com tecnologia

A seguir, apresentamos alguns recursos que podem enriquecer as aulas e estimular a turma a produzir e divulgar conhecimento. As principais vantagens do uso desses recursos não se limitam ao ensino de Biologia. Portanto, recomendamos que você considere a possibilidade de adotá-los em conjunto com seus colegas de outras disciplinas.

Esse tipo de trabalho irá reforçar a importância da proposta e certamente poderá beneficiar a todos.

Além dessas propostas, recomendamos que aproveite as inúmeras atividades disponibilizadas no *site* <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>> (acesso em: mar. 2016).

Blogs

A palavra *blog* vem da expressão em inglês *web log*, algo como “diário na rede”. Os *blogs* surgiram como uma versão *online* dos diários pessoais, com uma importante diferença: diferentemente dos diários pessoais escritos a mão, os *blogs* podem ser lidos por praticamente qualquer pessoa. No final da década de 1990, os *blogs* se popularizaram bastante, principalmente entre adolescentes. Entre os motivos que levaram a esse fenômeno, podemos destacar dois: (1) é possível criar *blogs* gratuitamente, bastando fazer o cadastro em algum *site* que ofereça esse serviço de hospedagem; (2) a criação de um *blog* não exige conhecimentos técnicos, pois os serviços de hospedagem fornecem ferramentas de publicação que tornam a criação e a atualização dos *blogs* tão simples quanto a edição de um texto no computador.

Com o tempo, os *blogs* perderam o caráter pessoal e ganharam enfoques temáticos, prestando-se à publicação de relatos de viagens e eventos, de técnicas de *hobbies* (modelismo, artesanato), de Ciências, de criações artísticas (textos literários e poéticos, fotografias, vídeos, es-cultura e modelagem etc.), além de terem se configurado como uma poderosa ferramenta do jornalismo opinativo, livre do filtro dos editores dos grandes jornais.

Entre as principais características de um *blog*, podemos citar: as publicações (também chamadas *postagens* ou *posts*) são dispostas em ordem cronológica inversa, isto é, as publicações mais recentes aparecem no topo da página; as mais antigas, na parte de baixo. Essas publicações podem ser compostas de textos, fotografias, vídeos ou diversos outros recursos, que vão de animações interativas a *links* para outros *sites*. Outra característica importante é a interatividade: os leitores do *blog* podem deixar comentários, que, mediante aprovação do autor, ficam visíveis para os demais e podem ser comentados por ele e por outros leitores. Essa propriedade é particularmente relevante quando pensamos no uso dos *blogs* para educação, como explicamos a seguir.

Em geral, cada *post* de um *blog* tem a própria caixa de comentários. Isso permite uma dinâmica de trabalho interessante com os educandos, pois esse recurso pode ser utilizado para promover debates extraclasse. A caixa

de comentários funciona como um fórum de discussão, onde os estudantes interagem entre si, aprofundando e expandindo seu conhecimento sobre o tópico original. Essa forma de debate tem algumas diferenças cruciais em relação ao debate em sala de aula; portanto, é importante definir com os estudantes algumas regras sobre como utilizar esse recurso. Algumas sugestões:

1. definir regras de “etiqueta virtual” – embora o debate não seja presencial, a educação e o respeito devem permear a troca de ideias, por mais que haja discordância entre os argumentos apresentados;
2. limitar o número de palavras em cada comentário – como não há um mediador para o debate, não é difícil os comentadores se estenderem demasiadamente em seus textos. Caso muitos estudantes façam o mesmo, a tendência é que a leitura dos comentários se torne cansativa e desestimulante. Oriente-os a escrever comentários claros e objetivos, não ultrapassando 100 a 200 palavras, por exemplo. É importante ler os comentários dos demais colegas antes de publicar o seu próprio, pois existe a possibilidade de alguém já ter feito a pergunta ou crítica pensada;
3. evitar comentários que não digam respeito ao tema da postagem – não é incomum ver a discussão na caixa de comentários afastar-se do tema inicial. É importante orientar os educandos para que fiquem atentos a isso e restrinjam a discussão aos aspectos ligados ao tema da postagem em questão.

A utilização de um *blog* na disciplina de Biologia pode se dar de diversas formas. Por exemplo: a turma pode ser dividida em grupos, que permanecerão os mesmos durante todo o ano. Cada grupo fica responsável por manter o próprio *blog*, que deve ser atualizado de acordo com a demanda da disciplina (em atividades nas quais os estudantes devem produzir um relatório, por exemplo). A cada nova atualização, todos os grupos devem ler e comentar o trabalho dos outros. Caso os leitores levantem dúvidas, o grupo autor do *post* deve se prontificar a respondê-las.

Outra possibilidade de trabalho é criar um único *blog* para a turma. Nesse caso, os educandos são divididos em grupos, que revezam entre si a responsabilidade de mantê-lo atualizado conforme a demanda da disciplina. A cada nova postagem, os demais grupos devem ler e deixar comentários com eventuais críticas ou dúvidas acerca do que foi publicado, de maneira a promover uma discussão sobre o tema.

Ao longo deste livro, notadamente na seção **Tema para discussão**, propomos atividades em que os educandos produzirão algum tipo de material de divulgação. Essas atividades oferecem boas oportunidades de uso dessa tecnologia. No entanto, não é preciso limitar as postagens apenas a atividades específicas; se julgar conveniente, estipule cotas mínimas de publicações que cada grupo deverá realizar por conta própria, sobre temas relacionados à disciplina.

A manutenção de um *blog* coloca os educandos no papel de produtores e divulgadores de conhecimento, o que se alinha com o que se espera do Ensino Médio. Estudos recentes sugerem que essa atividade melhora a produção de texto por parte dos educandos (Wang, 2008) e facilita o contato deles com pessoas interessadas em temas correlacionados ao do seu *blog* (Gaudeul e Peroni, 2010). Além disso, o *blog* permite que o conhecimento adquirido seja divulgado para além dos limites da escola, o que pode dar origem a oportunidades de engajamento fora do “mundo virtual”.

A experiência com o *blog* como ferramenta educacional pode ser enriquecida se for estendida a outras disciplinas. Considere a possibilidade de conversar com seus colegas de outras disciplinas sobre a adoção conjunta desse recurso, o que pode ser encarado como um projeto multidisciplinar.

Ao escolher onde hospedar o *blog*, procure por serviços que não permitam a publicação de conteúdo inadequado, como pornografia ou temas que façam apologia às drogas ou posturas racistas. A seguir, fornecemos algumas opções gratuitas que atendem a esses requisitos. Todas elas disponibilizam instruções simples para a criação e manutenção do *blog* (acessos em: mar. 2016):

- Wordpress – <<https://br.wordpress.com>>
- Blogger – <<http://www.blogger.com.br>>
- Wix – <<http://pt.wix.com/>>
- XPG – <<http://www.xpg.uol.com.br>>
- Simple site – <<https://www.simplesite.com/>>
- Tumblr – <<http://www.tumblr.com/>>
- Edublogs (focado em educação; em inglês) – <<http://edublogs.org>>

Redes sociais

As redes sociais da internet são serviços *online* que têm como objetivo a construção de relações sociais entre pessoas que compartilham interesses ou se conhecem na “vida real”. Cada usuário constrói um perfil no qual se identifica, descreve algumas de suas características e interesses e se conecta ao perfil de outras pessoas. A maioria dos *sites* de redes sociais fornece mecanismos para facilitar a comunicação entre as pessoas, como mensagens instantâneas, bate-papos utilizando áudio e vídeo, entre outros. Uma característica importante da maioria das redes sociais é que um usuário pode publicar conteúdo (textos, imagens, vídeos, notícias etc.) que poderá ser visualizado (e, eventualmente, ter sua divulgação ampliada) pelas pessoas com as quais ele está conectado. Por exemplo, um usuário pode publicar um vídeo de uma banda de que gosta; esse vídeo estará visível para seus amigos, que poderão, por sua vez, compartilhar o mesmo vídeo, ampliando ainda mais a divulgação. Assim, os conteúdos publicados nas redes sociais podem ser espalhados para muitos usuários rapidamente. Esse é um dos motivos para se alertar os estudantes acerca da ética e da melhor forma de utilizar essas ferramentas.

Há diversas formas de utilizar as redes sociais com fins educacionais. Uma boa maneira de iniciar esse trabalho é informar-se sobre as redes sociais mais populares entre os estudantes. Das opções apresentadas por eles, procure identificar qual atenderá melhor a suas expectativas e proponha que o trabalho seja realizado nela. Evite utilizar mais de uma rede social, pois isso pode segregar as discussões ou duplicar desnecessariamente o esforço exigido.

Um dos aspectos interessantes que podem ser explorados com a participação em redes é o ingresso em grupos temáticos, dos quais fazem parte especialistas e leigos interessados em assuntos específicos, como a agricultura orgânica, por exemplo; ou apenas seguir o perfil de profissionais ou instituições que permitem acompanhar seus trabalhos e pesquisas em tempo real, como serviços de meteorologia, observatórios astronômicos e instituições ligadas à saúde. Há ainda a possibilidade de entrar em contato direto por meio das redes sociais com instituições, profissionais e pesquisadores, propondo-lhes perguntas; por exemplo, pelo *Twitter*, uma das redes mais populares.

Aqui, assim como mencionamos para o *blog*, é importante criar regras para a utilização da rede social nas tarefas escolares, de modo a tirar o máximo proveito desse recurso.

À semelhança dos *blogs*, cada publicação em uma rede social pode ter seu equivalente a uma “caixa de comentários”, na qual outros usuários podem comentar o que foi publicado. Consequentemente, esse recurso pode ser utilizado para promover discussões entre os estudantes, com as vantagens que já foram comentadas aqui.

Tenha em mente que, ao contrário dos *blogs*, as redes sociais geralmente não são adequadas para a publicação de textos longos; os formatos de conteúdo mais adequados são textos curtos, imagens, vídeos ou áudios. Dessa forma, esse recurso pode ser utilizado para a divulgação de cartazes feitos pelos estudantes, entrevistas (em vídeo ou áudio), entre outros. Caso a turma faça uso de *blogs*, as redes sociais podem ser um recurso auxiliar, utilizado para divulgar resenhas e *links* para as publicações no *blog*.

Esse grande poder de divulgação que as redes sociais fornecem será especialmente útil para as atividades que contam com a participação da comunidade extraescolar. Ao longo do livro, sugerimos diversas situações que envolvem a criação de campanhas de conscientização, na qual os estudantes atuarão como transmissores do conhecimento. Nesses casos, o uso das redes sociais poderá tornar mais amplo o alcance dessa comunicação. Lembre-se, no entanto, de que essa forma de divulgação não é substituta integral para a comunicação presencial (ou “na vida real”). Analise cada caso e decida com os educandos em quais situações utilizar a divulgação virtual, a presencial ou ambas.

A maioria dos serviços de rede social permite que se criem grupos. Assim, pode ser criado um grupo da turma, no qual os educandos discutirão sobre tópicos da disciplina e se manterão informados sobre novidades da disciplina. Você pode, por exemplo, utilizar esse espaço para compartilhar materiais complementares às aulas, como vídeos, aplicativos e *softwares*, notícias, indicação de *sites*, material de referência para *download* etc.

As vantagens e a praticidade do uso desse recurso abrangem também a interação entre os educadores responsáveis pelas diversas disciplinas. Projetos e atividades interdisciplinares podem se tornar bastante simples de executar com o auxílio das redes sociais em conjunto com seus colegas de outras disciplinas, a coordenação e a direção escolar, trazendo benefícios a todos.

Apresentação multimídia

Programas de apresentação multimídia são ferramentas populares entre palestrantes e professores. Esses *softwares* permitem que sejam criadas apresentações gráficas de *slides*, similares aos dispositivos, porém com recursos complementares, como áudio, vídeo e interatividade. O uso dessas ferramentas é comum em diversos segmentos do mercado de trabalho, o que torna seu aprendizado especialmente interessante a estudantes do Ensino Médio.

Existem diversas opções gratuitas de programas para criação de apresentações dinâmicas e criativas (acessos em mar. 2016):

- Libre Office – <<http://pt-br.libreoffice.org/>>
- Open Office – <<http://www.openoffice.org/pt-br/>>
- Google Presentations – <<https://docs.google.com/presentation/>>
- Prezi (para educandos e educadores) – <<http://prezi.com/pricing/edu/>>
- PowToon – <<https://www.powtoon.com/>>

Na escola, o uso dessas ferramentas pode se dar de diferentes maneiras. Caso existam condições para isso, você pode utilizar em suas aulas, por exemplo, imagens e vídeos para exemplificar determinados conceitos. O Portal do Professor, do MEC (<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br>>; acesso em: mar. 2016), oferece grande diversidade de materiais para essa finalidade. Muitos já estão prontos para o uso, mas você pode alterá-los, se necessário, para que se adaptem melhor às suas necessidades.

Caso a escola disponha de projetor multimídia, os programas de apresentação multimídia podem ser utilizados pelos estudantes na elaboração de apresentações para a turma (ou para outra audiência, como as demais turmas ou mesmo a comunidade extraescolar). Situações em que essa possibilidade poderá ser explorada são apresentadas ao longo da obra, geralmente na seção **Tema para discussão**. Para audiências menores, o projetor pode ser dispensado e a apresentação pode ser feita na tela do computador.

Além das apresentações multimídia propriamente ditas, esses *softwares* também permitem a criação de materiais como pôsteres, cartazes e folhetos. Esses materiais podem ser direcionados para posterior impressão ou para visualização apenas no computador. Neste último caso, a divulgação do material criado pode ser feita nos *blogs* ou nas redes sociais, como já comentamos.

Fotografias, áudios e vídeos

Todos os recursos mencionados até aqui exploram a possibilidade de utilização de fotografias, áudios e vídeos. Esses materiais podem ser obtidos de diferentes maneiras; resumidamente, eles podem ser produzidos pela turma ou obtidos de outras fontes, como a internet.

A produção de fotografias, áudios e vídeos pelos estudantes tem grande utilidade na documentação de experimentos e entrevistas, por exemplo, mas também pode ser utilizada em campanhas direcionadas para outras turmas ou para a comunidade extraescolar. Ao longo do livro, são apresentadas atividades que permitem esse tipo de abordagem; analise-as e discuta sua execução com os estudantes, ponderando vantagens e desvantagens dessas mídias em cada caso.

Fotografias, áudios e vídeos podem ser produzidos com câmeras fotográficas digitais ou mesmo aparelhos celulares que contêm esses recursos. Esse tipo de equipamento vem se tornando cada vez mais popular e é bastante provável que alguns de seus educandos os possuam e saibam utilizá-los. Converse com a turma sobre a possibilidade de uso desses recursos, mas encaminhe a conversa com cuidado para não gerar constrangimento entre aqueles que não possuam ou não saibam utilizar tais equipamentos. Essa é uma boa oportunidade para que haja interação e troca de conhecimento entre os estudantes.

Na grande maioria das situações, esses materiais podem ser utilizados “crus”, isto é, sem edição. Alterações mais simples, como o corte de arquivos de áudio ou vídeo, geralmente podem ser feitas na própria câmera ou no celular. Em alguns casos, no entanto, é interessante fazer pequenas edições nesses arquivos, como clarear fotografias ou vídeos que ficaram escuros ou eliminar o ruído de fundo em gravações de áudio. Para isso, existe uma infinidade de *softwares* de edição de imagens, áudios ou vídeos, tanto pagos como gratuitos. Alternativamente, alguns *sites* que hospedam vídeos fornecem ferramentas para esses ajustes. Muitas redes sociais e serviços de hospedagem de imagens também permitem pequenas edições em imagens. É possível que alguns de seus educandos conheçam soluções alternativas; converse com eles sobre isso e explore as possibilidades mais interessantes.

Assim como os textos podem ser disponibilizados na internet por meio dos *blogs*, os arquivos de áudio podem ser transmitidos na forma de *podcasts*. Os *podcasts* têm a vantagem de poderem ser ouvidos a qualquer hora, numa espécie de rádio virtual.

Os *podcasts* podem ser criados usando ferramentas específicas, como o PodOmatic, um programa que pode ser baixado no computador e que possibilita aos usuários criar e publicar os próprios *podcasts*.

A seguir, selecionamos algumas opções gratuitas de programas de edição de imagens, animações, gráficos, áudio e vídeo e de bancos de imagens (acessos em: mar. 2016).

Edição de imagens:

- GIMP – <<http://www.gimp.org>>
- Photoshop Express – <<http://www.photoshop.com/products/photoshopexpress>>
- Paint – é um editor de imagens bastante simples, mas que atende bem à maioria das necessidades básicas. Já vem instalado em computadores com sistema operacional Windows.
- Stripgenerator – ferramenta para criação de histórias em quadrinhos – <<http://stripgenerator.com/>>
- Toondoo – ferramenta para criação de histórias em quadrinhos, com personagens, balões e cenários – <<http://www.toondoo.com/>>
- Easel.ly – ferramenta para criação de infográficos – <<http://www.easel.ly/>>
- Fotor – ferramenta simples para edição de imagens – <<http://www.fotor.com/>>

Serviços de hospedagem de imagens:

- Flickr – <<http://www.flickr.com.br>>
- Picasa – <<http://www.picasa.com>>

Bancos de fotografias e trechos de vídeos grátis:

- Wikimedia Commons – <<http://commons.wikimedia.org/>>
- Freeimages – <<http://www.freeimages.com/>>
- Archive.org – <<https://archive.org/>>
- Openclipart.org – <<https://openclipart.org/>>
- iStockPhotos – <<http://portuguesbrasileiro.istockphoto.com/>>
- Dreamstime – <<http://www.dreamstime.com/free-photos>>
- Fotolia – <<https://br.fotolia.com>>
- Creative Commons do Vimeo – <<https://vimeo.com/creativecommons>>

Edição de vídeo:

- Windows Movie Maker – <<http://windows.microsoft.com/pt-BR/windows/downloads/get-movie-maker>>
- Avidemux – <<http://fixounet.free.fr/avidemux>>
- Animoto – <<https://animoto.com/>>

Serviços de hospedagem de vídeos:

- YouTube – <<http://www.youtube.com.br>>
- Vimeo – <<http://www.vimeo.com>>

Edição de áudio:

- Audacity – <<http://audacity.sourceforge.net>>
- Free Audio Editor – <<http://www.free-audio-editor.com/>>
- Slice Audio file Splitter – <<http://slice-audio-file-splitter.soft32.com/>>
- ExpStudio – <<http://www.expstudio.com>>

5. Cinema no ensino de Biologia

A exibição de filmes para enriquecer o trabalho em sala de aula é extremamente estimulante para os educandos.

De acordo com Napolitano (2009), levar o cinema para a sala de aula “é ajudar a escola a reencontrar a cultura ao mesmo tempo cotidiana e elevada, pois o cinema é o campo no qual a estética, o lazer, a ideologia e os valores sociais mais amplos são sintetizados numa mesma obra de arte”.

Para tirar o maior proveito possível desse recurso, porém, é necessário que você, professor(a), faça um bom planejamento de cada passo dessa atividade; do contrário, ela poderá ser encarada como mero divertimento, sem maior relevância para o estudo. Não é imprescindível que você tenha profundos conhecimentos cinematográficos, mas recomendamos que, antes da exibição, você assista ao filme e busque informar-se sobre o contexto estético e cultural em que ele se insere.

Assistir previamente ao filme também é uma forma de se antecipar a cenas que possam representar algum constrangimento para a turma. Avalie com cuidado a pertinência de expor os estudantes a tais cenas; nossa recomendação é que você não as exclua, mas sim utilize-as como ponto de partida para uma discussão crítica. É importante estar atento(a) para as eventuais situações que

o filme apresenta que possam entrar em conflito com os conhecimentos trabalhados em sala de aula. Consideramos que até mesmo essas inconsistências ou equívocos podem servir de estímulo para as discussões da turma, seja sobre aspectos científicos, seja sobre aspectos éticos, sociais, econômicos e culturais.

Como sugestão, propomos que selecione trechos dos filmes com interesse mais próximo ao que pretende discutir, para que possa caber no tempo da aula. A exibição do filme na íntegra pode ser uma opção, mas isso implicará extrapolar o tempo da aula. Nesse caso, é importante que você planeje as sessões dentro de um cronograma ou, caso a escola tenha condições e os estudantes também, os filmes poderão ser exibidos em momentos de atividades extraclasse. Sejam trechos do filme ou o filme na íntegra, na medida do possível, envolva os professores de disciplinas que poderão também tirar proveito do recurso de modo interdisciplinar, como História, Geografia, Língua Portuguesa, Arte e outras.

A seguir, apresentamos nossas sugestões de filmes que podem ser trabalhados em suas aulas de Biologia, de acordo com a pertinência ao longo dos três anos do Ensino Médio.

<i>A Marcha dos Pinguins</i> <i>(La marche de l'empereur)</i>. 2005. Direção: Luc Jacquet Duração: 80 min. Gênero: Documentário	O documentário, do biólogo Luc Jacquet, acompanha por um ano os hábitos reprodutivos das espécies de pinguins-imperadores. Cerca de 7.000 pinguins atravessam 100 km da Antártica para realizar o acasalamento. Os machos chegam ao local de nidificação e se exibem para atrair as fêmeas e, cerca de 2 meses após o acasalamento, elas colocam apenas um ovo. Os machos são responsáveis pela incubação que dura cerca de 2 meses. Quando o ovo eclode, as fêmeas retornam para cuidar da proteção e alimentação dos filhotes. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Ecologia; conservação; endemismo; acasalamento; nidificação; cuidado parental.
<i>Avatar (Avatar)</i>. 2009. Direção: James Cameron Duração: 162 min. Gênero: Ação / Aventura / Ficção científica	Renascido em sua forma de avatar, o personagem Jake Sully, um ex-fuzileiro confinado a uma cadeira de rodas, consegue voltar a andar. Ele recebe a missão de se infiltrar na comunidade de Pandora e ajudar na extração de um precioso minério, o unobtainium, que pode ser a chave para solucionar a crise energética na Terra. A atmosfera de Pandora é tóxica e somente através do Programa Avatar os humanos conseguem sobreviver no lugar, sendo, para isso, conectados a um avatar, um corpo biológico controlado a distância. Os avatares são híbridos geneticamente, produzidos de DNA humano e DNA dos nativos de Pandora, os Na'vi. A missão de Jake é interrompida quando ele, ferido, é levado e acolhido pelo clã dos Neytiri e aprende a se tornar um deles, participando desse mundo alienígena. Pandora foi criada como um ecossistema real e seus habitantes são organizados em uma sociedade onde os conceitos de energia e religião são sagrados. Pandora tem sua própria “Força”, que ganha aqui uma leitura interessante sobre a manutenção dos ecossistemas e de seus organismos no equilíbrio do lugar. Todas as criaturas, plantas, animais e os habitantes de Pandora entram na batalha épica para defender seu mundo das empresas de mineração que desejam extrair o raro minério unobtainium. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Ecossistemas; interações entre os organismos; equilíbrio do ecossistema.

Criação (Creation). 2009. Direção: Jon Amiel Duração: 108 min. Gênero: Drama / Biografia	O filme é uma história biográfica do naturalista inglês Charles Darwin, autor da obra <i>A origem das espécies</i>. No filme, Darwin tenta equilibrar a relação com uma religiosa esposa e a dúvida sobre publicar seu livro sobre a teoria evolutiva. Após a viagem com o navio Beagle, enquanto escrevia sua obra, sua filha Anne adoece e morre. O filme apresenta alguns trechos do roteiro do Beagle e também grandes nomes da Biologia, como Thomas Huxley e Joseph Hooker. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Teoria da evolução; descobertas de Darwin; viagem do Beagle.
GATTACA – Experiência Genética (GATTACA). 1997. Direção: Andrew Niccol Duração: 106 min. Gênero: Ficção científica / Drama / Romance	O nome do filme, <i>GATTACA</i>, é formado pelas letras das bases de nucleotídeos que compõem a molécula de DNA: guanina, adenina, citosina e timina, ou seja, G, A, C e T, e parte do pressuposto de que o código genético já foi decifrado. Nesse contexto, a ficção científica questiona o esforço individual em uma sociedade onde o sucesso e o fracasso são determinados no momento da concepção e os seres humanos são escolhidos geneticamente em laboratórios. O <i>status</i> social é, então, determinado pelo DNA. As pessoas concebidas biologicamente são consideradas “inferiores” e Vincent Freeman, um primogênito, nascido do amor de seus pais, é um deles. Ele deseja, desde pequeno, ser astronauta, mas apresenta predisposições genéticas a problemas cardíacos, o que não lhe permite nada melhor do que um emprego de faxineiro. Vincent, escondendo sua identidade genética verdadeira, consegue, porém, um lugar de destaque em uma grande empresa. Tudo segue perfeitamente, até que o assassinato de seu chefe põe sua condição em risco. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Predisposição genética; organismos geneticamente modificados; a molécula de DNA; ética.
O dia depois de amanhã (The Day After Tomorrow). 2004. Direção: Roland Emmerich Duração: 124 min. Gênero: Ficção científica	O filme retrata uma sucessão de eventos em que a Terra sofre alterações climáticas que modificam drástica e rapidamente a vida da humanidade. Com o derretimento de geleiras polares, reflexo do aquecimento global, o hemisfério Norte se resfria cada vez mais e passa por uma nova era glacial. Milhões de pessoas morrem, enquanto outros milhões de sobreviventes rumam para o sul. Um paleoclimatologista, Jack Hall, que havia tentado alertar as autoridades sobre os eventos iminentes, sem ser ouvido, segue o caminho inverso e parte para Nova York, pois acredita que o filho, Sam, ainda esteja vivo. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Causas e consequências das mudanças climáticas; ação humana sobre o ambiente; relação entre a queima de combustíveis fósseis e o aquecimento global. Discuta em classe os exageros retratados no filme, como forma de extrair o máximo de tensão do espectador por meio dos efeitos especiais. Procure explorar, também, uma frase dita em um dos diálogos, sobre a qual pode ser proposta uma reflexão: “Tudo depende da capacidade de aprendermos com os nossos erros”.
Perdido em Marte (The Martian). 2015. Direção: Ridley Scott Duração: 141 min. Gênero: Ficção científica	Uma equipe de seis astronautas, em uma missão em Marte, bate em retirada em sua nave fugindo de uma tempestade de areia e pedras. Um dos tripulantes, porém, o botânico Mark Watney, é dado como morto e deixado sozinho no planeta. Ao recobrar a consciência, ele passa a lutar pela sobrevivência, ainda que em condições totalmente adversas: está milhões de quilômetros distante da Terra, em um planeta cuja atmosfera não é respirável. Enquanto isso, uma missão da Terra é enviada ao planeta a fim de tentar resgatá-lo. Um ponto de interesse do filme é acompanhar as estratégias por ele utilizadas para sobreviver a condições tão inóspitas, como, por exemplo, utilizar as próprias fezes como adubo para plantar batatas em uma estufa. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: As características da Terra que fazem dela um planeta ideal para a vida como a conhecemos é um dos temas que podem ser desenvolvidos, além de aspectos relacionados ao cultivo de plantas em condições inóspitas. O roteiro do filme oferece também uma boa oportunidade de discutir questões de ética e de solidariedade entre as pessoas.

<i>Procurando Nemo (Finding Nemo)</i>. 2003. Direção: Andrew Stanton e Lee Unkrich Duração: 100 min. Gênero: Animação / Comédia / Aventura	O início do filme mostra muito bem a territorialidade dos peixes-palhaços e também o investimento parental dessas espécies. Marlin é um peixe-palhaço que mora em uma anêmona. Após o rapto de seu único filho, Nemo, ele se aventura em mar aberto para resgatá-lo. Nemo é levado para um aquário em Sidney, Austrália. Em sua busca, Marlin encontra diversos animais marinhos como tubarões, águas-vivas, tartarugas, peixes da zona abissal, uma baleia e Dory, uma “peixinha” da família Acanthuridae, que sofre de perda de memória recente. O professor Ray, apesar de ser uma raia do sexo masculino, não tem o cláspere, um órgão reprodutor masculino, representado. O cláspere é um órgão presente em machos raias e tubarões. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Territorialidade, característica comum aos peixes que compartilham seu hábitat com anêmonas; características reprodutivas dos peixes; diversidade de animais e subdivisões do ambiente marinho; conservação; diversidade de animais invertebrados (Poríferos, Cnidários, Equinodermos); diversidade de animais vertebrados marinhos (peixes que habitam o recife de coral; peixes da zona abissal; peixes ósseos e cartilaginosos; répteis e mamíferos marinhos e aves; sistema respiratório dos peixes; sistema respiratório e digestório de Cetáceos (baleias); correntes marítimas.
<i>Repo men (Repo men)</i>. 2010. Direção: Miguel Sapochnik Duração: 111 min. Gênero: Ação / Ficção Atenção: a classificação indicativa desse filme é de 18 anos. Recomendamos que você o veja previamente e avalie a pertinência de exibi-lo para seus educandos.	Em um futuro próximo, a sociedade utiliza com frequência os serviços de uma empresa chamada The Union, que fornece a seus clientes sofisticados e caros órgãos mecânicos. Caso o comprador não honre a dívida, a empresa envia em seu encalço os “coletores”, que têm por função recolher de volta o órgão que lhe foi vendido, seja ele qual for. Remy é um dos melhores coletores da empresa, até o dia em que sofre um ataque cardíaco durante um de seus serviços. Ele é, então, submetido a uma cirurgia, na qual lhe é transplantado um dos corações fabricados pela The Union. Entretanto, em consequência do ocorrido, Remy não pode mais continuar exercendo seu trabalho. Sem ter como pagar a dívida, ele se une ao colega Jake para escapar à perseguição da empresa onde trabalhou. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Alguns aspectos sobre anatomia e fisiologia humanas, além de questões éticas relacionadas a transplante de órgãos e à mercantilização da ciência, poderão ser abordados.
<i>Uma prova de amor (My Sister's Keeper)</i>. 2009. Direção: Nick Cassavetes Duração: 109 min. Gênero: Drama	Anna tem treze anos de idade e, desde que nasceu, foi submetida a inúmeras consultas médicas, cirurgias e transfusões para que sua irmã mais velha, Kate, pudesse, de alguma forma, lutar contra a leucemia que a atingiu ainda na infância. Na verdade, Anna foi concebida para que sua medula óssea prolongasse os anos de vida de Kate. Anna jamais contestou o papel a ela atribuído, porém, como todo adolescente, ela está começando a questionar quem realmente é e depara com o fato de que, diferentemente dos outros adolescentes, sempre teve sua vida pautada pelas necessidades da irmã. É quando, então, Anna toma uma decisão impensável para a maioria, uma atitude que irá abalar sua família: ela decide lutar na justiça pelo direito de decidir sobre o próprio corpo. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Poderão ser tratados conteúdos de genética; aspectos relacionados a planejamento familiar; ética; saúde (quais as características da doença da irmã mais velha?).
<i>Uma verdade inconveniente (An Inconvenient Truth)</i>. 2006. Direção: Davis Guggenheim Duração: 100 min. Gênero: Documentário	<i>Uma verdade inconveniente</i> documenta a jornada internacional de alerta sobre o aquecimento global feita por Al Gore após sua derrota nas eleições de 2000 para George W. Bush. O diretor Davis Guggenheim tece a ciência do aquecimento global com a história pessoal de Gore e seu empenho ao longo da vida para reverter os efeitos da mudança climática global. Antigo defensor do meio ambiente, Gore apresenta uma gama de fatos e informações de uma forma convincente. O documentário reúne inúmeras apresentações que Gore exibiu durante sua carreira política sobre destruição do meio ambiente, principalmente devido ao aumento das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera. Fatos como o derretimento das calotas polares, aumento nos níveis dos oceanos e mudanças climáticas drásticas como furacões, enchentes e secas são mostrados de uma forma consistente no documentário. Recursos audiovisuais como gráficos, com mapas de estatísticas atmosféricas, fotografias da Patagônia, do Kilimanjaro, dos Alpes e da Antártida, entre outros locais, são utilizados para revelar o impacto produzido pelo ser humano durante anos no meio ambiente. Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Causas e consequências do aquecimento global; medidas mitigadoras para o aquecimento global. Podem-se, nesse momento, levar opiniões distintas sobre as causas do aquecimento global e promover uma discussão em sala.

6. Explorando museus e outros espaços culturais

Os chamados espaços não formais de educação correspondem a quaisquer espaços que não a escola em que seja possível desenvolver atividades educativas (Marandino *et al.*, 2009; Mergulhão, 1998). Tais espaços favorecem o desenvolvimento de habilidades e procedimentos de investigação científica, além de colaborarem para uma educação crítica, voltada para o letramento científico do indivíduo (Santos, 2007). Um dos objetivos do uso desses espaços é, por exemplo, promover um processo de ensino-aprendizagem de Ciências da Natureza inserido em seu contexto histórico, social, cultural e ambiental.

Espaços como museus, centros de ciências, jardins zoológicos e jardins botânicos são importantes centros de divulgação e ensino de Ciências. Eles utilizam principalmente a interatividade para despertar a curiosidade e disseminar o conhecimento científico. São excelentes para se desenvolverem atividades interdisciplinares.

Assim, recomendamos que, se possível, você e colegas de outras disciplinas promovam visitas a esses espaços em sua região. Para realizar esse tipo de atividade, é interessante uma visita prévia ao local e a elaboração de um roteiro com algumas perguntas a que os estudantes devem responder durante ou após a visita. Prepare os estudantes para a visita, deixando claros os objetivos educacionais, e depois retome com eles o que viram, analisaram e registraram.

Para saber de que espaços não formais de educação sua região dispõe, consulte, por exemplo, a publicação *Centros e Museus de Ciência no Brasil*, uma iniciativa da Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência (ABCMC), da Casa da Ciência da UFRJ e do Museu da Vida/Fiocruz, com o apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia. Para obter a publicação integral, em sua edição de 2015, visite o *site*: <<http://www.mcti.gov.br/publicacoes>>. Acesso em: mar. 2016.

7. Legislação sobre coleta, manutenção e uso de material biológico

Consideramos importante que você, professor(a) de Biologia, tenha mais informações sobre algumas restrições ao uso de animais e outros materiais biológicos em ensino e pesquisa. O material biológico, na Instrução Normativa Nº 154/2007, é definido como organismos ou partes desses e engloba material botânico, fúngico ou microbiológico, além dos animais.

Destacamos aqui alguns *sites*, acessados em março de 2016, nos quais se podem encontrar essas informações, mas recomendamos que fique atento(a) a mudanças. Entre em contato com o Conselho Federal de Biologia ou o Conselho Estadual de sua região para orientação em caso de dúvidas.

- <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/manual.pdf>>
- <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11794.htm>
- <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Msg/VEP-761-08.htm>
- <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310553.html>>
- <<http://www.ibama.gov.br>>
- <http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/IN_154_coleta.pdf>
- <<http://www.icmbio.gov.br/sisbio/duvidasfrequentes/20-coleta-de-material-botanicofungico-ou-microbiologico.html>>
- <<http://www.icmbio.gov.br/sisbio/duvidas-frequentes/32-vegetais-hidrobios.html>>
- <<http://www.cfbio.gov.br/resolucoes-cfbio/145-resolucao-no-301-de-8-de-dezembro-de-2012>>

8. Documentos norteadores do Ensino Médio e suas relações com esta obra

Desde a década de 1990, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) vem publicando documentos e propondo diretrizes de forma a auxiliar o(a) professor(a) de todos os segmentos da educação básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio) em seu trabalho na sala de aula.

Um exemplo dessas propostas são os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), elaborados no período de 1995 a 1999, com sugestões de conteúdos que incluem conhecimentos, procedimentos e atitudes. Ao lado dos componentes curriculares, os PCN propõem também *temas transversais* (saúde, ecologia, orientação sexual, ética e convívio social, pluralidade cultural e outros). Embora esses documentos não tenham caráter normativo ou obrigatório, são uma referência para o trabalho do educador, assim como também foram uma das referências utilizadas na elaboração desta obra. Você os encontra facilmente no Portal do MEC (<<http://portal.mec.gov.br>>; acesso em: maio 2016).

Outro documento basilar no desenvolvimento de nossa coleção são as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, atualizadas segundo o Parecer CNE/CEB Nº 5/2011, que assim justifica tal atualização:

A elaboração de novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio se faz necessária, também, em virtude das novas exigências educacionais decorrentes da aceleração da produção de conhecimentos, da ampliação do acesso às informações, da criação de novos meios de comunicação, das alterações do mundo do trabalho, e das mudanças de interesse dos adolescentes e jovens, sujeitos dessa etapa educacional.

Nos dias atuais, a inquietação das “juventudes” que buscam a escola e o trabalho resulta mais evidente do que no passado. O aprendizado dos conhecimentos escolares tem significados diferentes conforme a realidade do estudante. Vários movimentos sinalizam no sentido de que a escola precisa ser repensada para responder aos desafios colocados pelos jovens.

Ainda do referido parecer, transcrevemos os trechos a seguir, como exemplos dos princípios que nortearam a elaboração desta obra:

Para que se conquiste a inclusão social, a educação escolar deve fundamentar-se na ética e nos valores da liberdade, justiça social, pluralidade, solidariedade e sustentabilidade, cuja finalidade é o pleno desenvolvimento de seus sujeitos, nas dimensões individual e social de cidadãos conscientes de seus direitos e deveres, comprometidos com a transformação social. Diante dessa

concepção de educação, a escola é uma organização temporal, que deve ser menos rígida, segmentada e uniforme, a fim de que os estudantes, indistintamente, possam adequar seus tempos de aprendizagens de modo menos homogêneo e idealizado.

[...]

O desenvolvimento científico e tecnológico acelera o impõe à escola um novo posicionamento de vivência e convivência com os conhecimentos capaz de acompanhar sua produção acelerada. A apropriação de conhecimentos científicos se efetiva por práticas experimentais, com contextualização que relacione os conhecimentos com a vida, em oposição a metodologias pouco ou nada ativas e sem significado para os estudantes. Estas metodologias estabelecem relação expositiva e transmissivista que não coloca os estudantes em situação de vida real, de fazer, de elaborar. Por outro lado, tecnologias da informação e comunicação modificaram e continuam modificando o comportamento das pessoas e essas mudanças devem ser incorporadas e processadas pela escola para evitar uma nova forma de exclusão, a digital.

[...] privilegiar a dimensão cognitiva não pode secundarizar outras dimensões da formação, como, por exemplo, as dimensões física, social e afetiva. Desse modo, pensar uma educação escolar capaz de realizar a educação em sua plenitude implica refletir sobre as práticas pedagógicas já consolidadas e problematizá-las no sentido de produzir a incorporação das múltiplas dimensões de realização do humano como uma das grandes finalidades da escolarização básica.

Recomendamos a você, educador(a), a leitura e análise na íntegra tanto do Parecer CNE/CEB Nº 5/2011 como da Resolução CNE/CEB Nº 2/2012, que dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ambos os documentos, além dos demais que norteiam o Ensino Básico, estão compilados na publicação *Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica* (2013), disponível no seguinte endereço eletrônico (acesso em mar. 2016):

- <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15547-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf-1&Itemid=30192>

Na elaboração da presente obra, levamos em consideração também os pressupostos do Enem, que passou a ter importância como uma das formas de seleção unificada nos processos seletivos das universidades públicas federais, algumas estaduais e particulares, com as propostas de democratizar as oportunidades de acesso às vagas de ensi-

no superior, possibilitar a mobilidade acadêmica e induzir a reestruturação dos currículos do Ensino Médio. Valorizamos os eixos cognitivos, as competências e as habilidades de acordo com a Matriz de Referência do Enem 2009, mas é na seção **Ampliando e integrando conhecimentos** que esses aspectos ficam mais destacados e especificados: em cada uma das atividades dessa seção, são identificadas, para você, educador(a), as habilidades que estão sendo prioritariamente trabalhadas naquele momento.

Reproduzimos aqui os trechos de interesse para o presente material e que constam da Matriz de Referência para o Enem 2009.

Eixos cognitivos (comuns a todas as áreas de conhecimento)

- I. **Dominar linguagens (DL):** dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
- II. **Compreender fenômenos (CF):** construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
- III. **Enfrentar situações-problema (SP):** selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
- IV. **Construir argumentação (CA):** relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
- V. **Elaborar propostas (EP):** recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

Matriz de referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as Ciências Naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

- H1 Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.
- H2 Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

- H3 Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.
- H4 Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais em diferentes contextos.

- H5 Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.
- H6 Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.
- H7 Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

- H8 Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.
- H9 Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.
- H10 Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.
- H11 Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.
- H12 Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

- H13 Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

H14 Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

H15 Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

H16 Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 Avaliar métodos, processos ou procedimentos das Ciências Naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da Física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21 Utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.

H22 Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

H23 Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H24 Utilizar códigos e nomenclatura da Química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

H25 Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

H26 Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

H27 Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H28 Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

H29 Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

H30 Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

9. Referências bibliográficas

ALMEIDA, M. E. B. Tecnologias na educação: dos caminhos trilhados aos atuais desafios. *Bolema – Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, 29(21), 2008.

_____. Currículo, tecnologia e cultura digital: espaços e tempos de web currículo. *Revista e-curriculum*, São Paulo, v. 7, n. 1, abr. 2011.

_____. Transformações no trabalho e na formação docente na educação a distância on-line. *Em Aberto*, Brasília, v. 23, n. 84, p. 67-77, nov. 2010.

- ARROYO, M. G. *Currículo, território em disputa*. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15437: *informação e documentação: pôsteres técnicos e científicos: apresentação*. Rio de Janeiro, 2006.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BRASIL. Comitê Gestor da Internet no Brasil. *TIC Educação 2010*. São Paulo: 2011. 448 p.
- BRUZZO, C. Biologia: educação e imagens. In: *Educação e Sociedade*, vol. 25, n. 89, Campinas, set.-dez./2004.
- COSTA, F. A. & VISEU, S. Formação-acção-reflexão: um modelo de preparação de professores para a integração curricular das TIC. In: COSTA, F. A.; PERALTA, H.; VISEU, S. (Orgs.) *As TIC na educação em Portugal: concepções e práticas*. Porto: Porto Editora, 2007.
- FESTER, A. C. R. Para que todos tenham voz (educação pela ética e dignidade do ser humano). In: PONTUSCHKA, N. N. (Org.). *Ousadia no diálogo*. 4. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2002.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 7. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- _____. *Pedagogia do oprimido*. 46. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1970.
- GAUDEUL, A.; PERONI, C. Reciprocal attention and norm of reciprocity in blogging networks. In: *Economics Bulletin*, 30 (3): 2230-2248, 2010.
- KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Harbra, 1986.
- _____. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: E.P.U., 1986.
- KRASILCHIK, M.; RAW, I.; MENUCCI, L. *A Biologia e o homem*. São Paulo: EDUSP, 2001.
- MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. Cortez: São Paulo. 2009.
- MEC, SEB. *Orientações curriculares para o ensino de Biologia*. MEC, 2006.
- MERGULHÃO, M. C. *Zoológico: uma sala de aula viva*. São Paulo: Faculdade de Educação da USP. Dissertação, Mestrado em Educação. 1998. 144 p.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- NAPOLITANO, M. *Como usar o cinema na sala de aula*. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2009.
- NOVAK, J. D. *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira, 1981.
- SACRISTÁN, G. Consciência e ação sobre a prática como libertação profissional dos professores. In: NÓVOA, A. (Coord.) *Profissão professor*. Lisboa: Porto Editora, 1991.
- SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. Learning to teach argumentation: research and development in the Science classroom. *International Journal of Science Education*. n. 28, p. 235-260, 2006.
- VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- _____. *O desenvolvimento psicológico na infância*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- WANG, H. Exploring Educational Use of Blogs in U.S. Education. In: *China Education Review* 5 (10): 35, 2008.
- WANG, W. K. S. The restructuring of legal education along functional lines. In: *Journal of Contemporary Legal Issues*, vol. 17, 2008.
- ZABALA, A. *A prática educativa*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

10. Comentários por capítulo

UNIDADE

1

O mundo em que vivemos

CAPÍTULO 1

■ INTRODUÇÃO À BIOLOGIA

Neste primeiro capítulo, discutimos a importância da Biologia para a formação dos estudantes como cidadãos. Esse momento é fundamental para que percebam que a Biologia está intimamente ligada à vida de cada um. Essa percepção deve ser desenvolvida ao longo de todo o curso e enfatizada em todas as aulas, com o intuito de responder a duas perguntas básicas: Por que e para que estudar Biologia?

Cada vez mais a compreensão do mundo vivo é fundamental para a manutenção da vida em nosso planeta, e essa é uma visão realista, não alarmista. É prioritário desenvolver nos estudantes o respeito à vida e o entendimento de que a sobrevivência da espécie humana está condicionada à sobrevivência de outras espécies. Para isso, é fundamental a preservação do meio ambiente. Os estudantes devem compreender que, embora sejam apenas parte de um todo, são uma parte com grande possibilidade de interferir no meio, o que representa uma enorme responsabilidade. Essa preocupação é constante na obra.

Como o Ensino Médio é a etapa final da educação básica, cabe-nos complementar o que os estudantes já estudaram no Ensino Fundamental acerca dessas questões e estimulá-los a tomar decisões que visem preservar a vida de todos.

Abordamos também a metodologia científica e a relação da Biologia com outras áreas do saber, passando depois para os níveis de organização da Biologia e as características gerais dos seres vivos. Além disso, abrimos um item específico para falar um pouco sobre evolução por seleção natural, deixando claro para o estudante que outros fatores evolutivos existem e que serão abordados ao longo do curso. Optamos por isso porque a evolução é um eixo central nos estudos biológicos e todo o enfoque da obra pauta-se em noções evolutivas. Falar sobre seleção natural neste momento auxilia o estudante na compreensão dos diferentes temas que ele irá estudar e deixa bem marcada a importância desse assunto.

Caso deseje se aprofundar na história da Biologia, recomendamos o seguinte texto, que pode ser usado em diferentes momentos:

Utilização de História da Biologia no Ensino Médio. *Revista Filosofia e História da Biologia*. Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB). São Paulo: FAPESP; Rio de Janeiro: Booklink. v. 4, 2009.

Para aprofundar a questão da metodologia científica, recomendamos o seguinte texto:

Os métodos científicos como possibilidade de construção de conhecimentos no ensino de ciências, *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 4, n. 3, 2005, Marly Aparecida Giraldeleli Marsullo e Rejane Maria Ghisolfi da Silva. (Disponível em: <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART3_Vol4_N3.pdf>. Acesso em: mar. 2016.)

Ao abordar o item 3 do capítulo, “Biologia e outros saberes” (p. 16), atente para o enfoque que damos ao conceito de interdisciplinaridade, em consonância com o que propõem as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, coerentes, por sua vez, com as Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais para a Educação Básica:

A interdisciplinaridade pressupõe a transferência de métodos de uma disciplina para outra. Ultrapassa-as, mas sua finalidade inscreve-se no estudo disciplinar. Pela abordagem interdisciplinar ocorre a transversalidade do conhecimento constitutivo de diferentes disciplinas, por meio da ação didático-pedagógica mediada pela pedagogia dos projetos temáticos.

Por essa perspectiva, a interdisciplinaridade é entendida como abordagem teórico-metodológica com ênfase no trabalho de integração das diferentes áreas do conhecimento.

Ao discutir o que é vida, veja um interessante debate sobre esse tema no *site* <<http://thesciencenetwork.org/programs/the-great-debate-what-is-life>> (em inglês; acesso em: mar. 2016). Seria, também, uma oportunidade de trabalhar o inglês instrucional, em que o mais importante é a compreensão geral de um texto ou fala. Os estudantes vão perceber que o tema envolve discussão entre grandes

pesquisadores, evidenciando que a ciência não é feita só por pesquisadores do passado, como pensam muitos educandos, mas é um processo que ocorre atualmente, todos os dias.

Análise com os estudantes o experimento de John Endler, descrito no item 6, “Evolução, o princípio unificador da Biologia” (p. 20), identificando os passos da metodologia científica estudados.

Outros delineamentos experimentais relacionados com evolução podem ser encontrados em: <<http://www.ib.usp.br/evosite/evo101/index.shtml>>. Acesso em: mar. 2016.

Análise a possibilidade de repetir ou adaptar algum desses experimentos com os estudantes, o que seria um ótimo exercício de descoberta científica.

Indicamos a seguir o portal e-Aulas, da Universidade de São Paulo, tanto para atualização dos conhecimentos quanto para mostrá-lo aos estudantes. Veja, a seguir, uma descrição do que é o projeto e-Aulas, disponível em: <<http://www.eaulas.usp.br/portal/about.action>>. Acesso em: mar. 2016.

Inspirados em serviços já em uso por universidades de grande reconhecimento internacional como Harvard, Yale, Columbia, MIT e Princeton, estamos colocando à disposição de todos um novo serviço da USP, o e-Aulas.

Este novo serviço expressa o reconhecimento por parte da universidade de que uma de suas funções é a disseminação do conhecimento, permitindo que professores disponibilizem suas videoaulas, e que estudantes acessem videoaulas de diversas disciplinas da USP. Ele também é aberto ao público.

A motivação para o desenvolvimento e a implementação do e-Aulas USP foi o grande benefício que se observa com o consumo de objetos de aprendizagem em formato de vídeo disponíveis na *web*, que tem demonstrado ser um grande aliado do estudante, que pode acessar esse conteúdo de onde estiver.

Através desse novo recurso, esperamos contribuir também para a melhoria do processo ensino/aprendizagem da Universidade de São Paulo.

Além desse portal, você poderá encontrar videoaulas na Universidade Virtual do Estado de São Paulo (Univesp), no endereço eletrônico <<https://univesp.br>>. Acesso em: mar. 2016.

O texto “A ISO, o verde e você” (p. 13) é um bom exemplo de como conhecimentos gerais de Biologia não estão restritos ao universo do biólogo e que eles são importantes em diferentes esferas da sociedade, como na área de administração. Hoje, as empresas são avaliadas sobre o impacto que causam ao meio, e a ISO Verde se refere exatamente a essa

certificação. Além de darmos essa visão, lançamos ao estudante a questão sobre a escolha, em seu dia a dia, de produtos com essa certificação. Trata-se de uma questão voltada à cidadania que procuramos privilegiar em toda a obra.

Após a leitura do texto “Seleção natural e resistência de bactérias a antibióticos” (p. 23), você poderá propor aos estudantes que aprofundem algumas das informações apresentadas no último parágrafo por meio de uma discussão em classe. Muitas pessoas não seguem à risca as prescrições médicas e, com isso, seu organismo passa a não responder adequadamente aos antibióticos. Um bom ponto de partida é o conteúdo acessível pelo *link* a seguir, que discute “oito crenças erradas sobre o uso de antibióticos”:

Uso indevido de antibióticos pode gerar superbactérias, diz especialista. Disponível em: <<http://portal.crfsp.org.br/index.php/noticias/5633-uso-indevido-de-antibioticos-pode-gerar-superbacterias-diz-especialista.html>>. Acesso em: mar. 2016.

■ Orientações sobre os boxes *Despertando ideias*

p. 14 – E agora? Será que quebrou?

Este box antecede o conteúdo sobre a metodologia científica, procurando mostrar ao estudante que a ciência se aproxima dele e que, no dia a dia, a metodologia científica está presente, mesmo sem que ele perceba. Sugerimos que você estimule os estudantes a levantar outras questões cotidianas e verifique junto com eles os passos que usam para solucionar essas questões. Após essa discussão em classe é que sugerimos que fale sobre esse tema, sempre aproximando o assunto do estudante e mostrando a importância dessa metodologia para a ciência. Você também poderá estender a explicação à diferença entre o método hipotético-dedutivo, em que se parte de uma teoria e com base nela se elabora um teste de hipótese, e o método indutivo, no qual se parte de uma observação para então gerar e testar novas hipóteses. O exemplo deste box está mais relacionado ao método indutivo.

Caso queira se aprofundar nos métodos mencionados acima, sugerimos a você este livro, de leitura fácil e didática:

CHALMERS, A. F. *O que é Ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 2009.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 23 – Tema para discussão

Vírus, viroides e príons: seres vivos ou não?

Trazemos aqui um debate sobre concepções de vida de acordo com a ciência. Nosso objetivo é mostrar aos

estudantes que ainda não há uma resposta conclusiva e que esse ainda é um tema aberto para discussão entre cientistas. Isso se encaixa em nosso objetivo de mostrar aos estudantes que a Biologia não é uma ciência pronta, mas, como toda ciência, está em processo de construção. Essa tônica é bastante recorrente em diversos momentos da presente obra. Para levantar a discussão sobre concepções de vida, trazemos aos estudantes o caso dos vírus, viroides e príons. Para vírus e viroides, a discussão se são formas vivas ou não ainda causa debates, mas, no caso dos príons, já é consenso que não são formas vivas. Há correntes fortes que aceitam vírus e viroides como formas de vida, mas a polêmica ainda persiste.

Para aprofundar-se a respeito do tema viroides e o mundo do RNA, veja: EIRAS, Marcelo; DARÒS, José Antônio; FLORES, Ricardo; KITAJIMA, Elliot. Viroides e virusoides: relíquias do mundo de RNA. *Fitopatologia Brasileira*, 31(3), maio-jun. 2006. (Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/fb/v31n3/a01v31n3.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

A questão proposta nesse **Tema para discussão** tem por objetivos estimular a atividade de pesquisa bibliográfica e a de síntese da literatura. Esse é um bom momento para que você discuta com os estudantes o que significa “fontes confiáveis de consulta”. No próprio texto da questão já damos indicações de algumas fontes confiáveis, mas é fundamental que o assunto seja discutido de forma ampla com os estudantes, pois, ao longo da vida, eles vão deparar com esse problema em função do crescente acesso à informação, em especial na internet. Por isso, colocamos justamente esse assunto logo no primeiro **Tema para discussão** desta coleção, pois usaremos muito o estímulo à consulta bibliográfica na obra como um todo. Quanto à síntese do conteúdo pesquisado, propomos uma apresentação oral, que poderá ser feita por meio de diferentes estratégias, como, por exemplo, apresentação multimídia, a ser combinada com cada um dos grupos. Independentemente do formato escolhido para a apresentação oral, é importante que você reserve o mesmo tempo para cada grupo, além de deixar claro para os estudantes que esse tempo deve ser rigorosamente respeitado. Essa é uma limitação construtiva para a vida do estudante e para sua futura vida profissional, pois em diferentes momentos ele poderá ter de enfrentar essa situação na busca por um emprego ou, se já empregado, para apresentar uma ideia, um projeto ou seus resultados. Após as apresentações, propomos um debate coordenado por você, professor(a). No debate, valorize a importância de saber ouvir e argumentar, sempre com uma postura respeitosa. Se for o caso, no debate você pode orientar a formação de dois grupos, um grupo favorável e o outro contrário à inclusão dos vírus na categoria dos seres vivos. No final, os educandos poderão perceber que

a decisão acerca de incluir os vírus nessa ou naquela categoria é menos relevante que o entendimento dos argumentos que dão base a cada opção.

Esta atividade traz a realidade da dúvida suscitada entre os pesquisadores quando da discussão sobre como classificar os vírus, os viroides e os príons, permitindo que o estudante utilize os pontos estudados para construir a argumentação necessária para justificar a própria posição. Note que não estamos definindo vida, mas sim seres vivos (visto que esses dois termos não são sinônimos – a rigor, aqui mostramos apenas que a vida é uma propriedade dos seres vivos). Essa questão também se refere à ausência de “certezas” e à dinâmica da ciência, proporcionada por novas descobertas.

p. 25 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Elementos químicos nos seres vivos e nos componentes não vivos do ambiente

Sobre a estratégia:

Esta é uma atividade simples de interpretação de gráfico de barras tratando de uma só variável (abundância relativa percentual), que é observada em diversas categorias (elementos químicos mais abundantes) de dois grupos a serem comparados: o dos seres vivos e o da matéria inanimada. O ponto mais importante do trabalho é a transposição das informações do gráfico para a forma de tabela.

Muito provavelmente você, professor(a), precisará explicar aos educandos o que é abundância relativa percentual e ensinar-lhes como é calculada.

Exemplo: como fazer para representar as proporções de garotas e garotos na sala de aula:

$$\begin{aligned}\text{proporção percentual de garotas} &= \\ &= \frac{\text{número de garotas}}{\text{número total de estudantes}} \times 100\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{proporção percentual de garotos} &= \\ &= \frac{\text{número de garotos}}{\text{número total de estudantes}} \times 100\end{aligned}$$

Seria interessante comentar com os estudantes a respeito dos diferentes tipos de gráfico, incluindo o de setores (“pizza”), que apresenta proporções na forma de setores de um disco.

Como esta é uma atividade baseada em gráficos, um exercício muito interessante seria extrair os valores aproximados de abundância relativa de cada elemento químico nos seres vivos e na crosta terrestre e montar uma tabela. Isso poderia ser feito usando uma régua convertendo a escala em abundância relativa – por exemplo, se entre 0 e 40% ao longo do eixo vertical temos 40 mm medidos pela régua, então cada milímetro corresponde a 1% de abundância relativa; assim, uma barra que tenha 24 mm de altura corresponde a 24% de abundância relativa.

De posse da tabela, os estudantes podem ser orientados por você a trabalhar com um programa que permite criar tabelas e analisar dados, como em uma planilha eletrônica, na qual se podem digitar os valores da tabela e construir (ou reconstruir) gráficos de barras e de setores. Certas noções básicas como a seleção de blocos na planilha, definição das séries de dados, uso dos menus de configuração dos gráficos e operações copiar-colar podem ser adquiridas pelos estudantes. A verdadeira inserção digital inclui, além do acesso à informação, a habilidade de manipular e integrar textos, planilhas de números e imagens, ainda que de forma simples. Textos e imagens podem ser trabalhados dentro do sistema operacional Windows (*WordPad*; *Paint*). Uma alternativa é, se houver condições, instalar nos computadores o pacote *LibreOffice* (disponível em: <<http://www.libreoffice.org>>, acesso em: mar. 2016), que é gratuito, tem opção por língua portuguesa e seus módulos são perfeitamente equivalentes aos aplicativos do pacote comercial mais usado. Esse *software* inclusive abre e grava arquivos nos formatos mais comuns.

Como aplicação, os estudantes podem executar a atividade inteiramente em ambiente digital.

O site <http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Fichas/teste_da_Chama.htm> (acesso em: mar. 2016), apresenta uma descrição de procedimentos laboratoriais para detecção de metais em química analítica. Considere a possibilidade de realizar uma demonstração desse fenômeno para os estudantes, trabalhando em colaboração com o(a) professor(a) de Química.

O que se espera:

a) e b)

Símbolo	Nome do elemento	Presente em	% nos seres vivos	% na matéria inanimada
H	Hidrogênio	Ambos	49,2	0,8
C	Carbono	Ambos	25,1	0,7
O	Oxigênio	Ambos	25,1	46,9
N	Nitrogênio	Ambos	0,6	0,2
Ca/Mg	Cálcio / Magnésio	Ambos	0,5	5,6
Na/K	Sódio / Potássio	Ambos	0,3	4,9
P	Fósforo	Ambos	0,3	0,3
Si	Silício	Crosta terrestre	0,0	28,0

Nessa tabela, os valores foram apresentados com aproximação de um décimo, o que não é fácil perceber no gráfico. Os estudantes podem aproximar para valores inteiros, atribuindo 1,0 aos menores que 1 (excetuando-se o silício).

Pelo gráfico apresentado nesta atividade, os três elementos químicos mais abundantes nos seres vivos são H, C e O. No caso da matéria inanimada (crosta terrestre), os três elementos mais abundantes são O, Si e Ca/Mg.

Entre os elementos relacionados na tabela, não há nenhum exclusivo dos seres vivos. Apenas o silício é exclusivo da crosta terrestre (não considerando como matéria viva os esqueletos silicosos, como os de diatomáceas e radiolários). Assim sendo, é interessante mostrar à turma que há grande semelhança qualitativa entre as composições básicas dos seres vivos e da matéria inanimada. Levando-se em conta o aspecto quantitativo, no entanto, as composições são bem diferentes.

Atividade 2: Reconhecendo níveis hierárquicos de organização em Ecologia

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, os estudantes deverão reconhecer os níveis hierárquicos de organização pertinentes à Ecologia, tais como populações, comunidade e ecossistema. É interessante que você informe à turma que as noções trabalhadas aqui serão muito importantes mais adiante no curso.

O que se espera:

- a) São cinco populações, pois há grupos de indivíduos de cinco tipos (espécies): capim, gafanhoto, sapo, serpente e águia.
- b) Capim: 12; gafanhoto: 8; sapo: 6; serpente: 3 e águia: 2.
- c)

Tipo	Número de indivíduos	Herbívoros ou carnívoros
Capim	12	—
Gafanhoto	8	Herbívoro
Sapo	6	Carnívoro
Serpente	3	Carnívoro
Águia	2	Carnívoro

- d) Sendo a comunidade formada por todas as populações, há 31 indivíduos na comunidade representada.
- e) Ecossistema.

Atividade 3: Investigando plantas carnívoras

Sobre a estratégia:

Um modo de vida inesperado para uma planta é descrito nesta atividade: um exemplo da diversidade de modos de vida propiciada pela diversidade de ambientes.

As perguntas demandam a adequada interpretação do texto para serem corretamente respondidas. Os estudantes poderão ter dúvida sobre o que é um isótopo do nitrogênio e qual o seu significado nos experimentos descritos.

Um isótopo de determinado elemento tem número diferente de nêutrons no núcleo (outra massa atômica), em relação ao do elemento em sua forma comum, embora o número de prótons seja o característico do elemento.

Quando se trata de nitrogênio (^{14}N ; massa atômica = 14), geralmente se usa um composto nitrogenado em que um ou mais átomos de nitrogênio correspondem ao isótopo ^{15}N , não radioativo porém mais pesado. O link <<http://www.biomol.org/historia/replisemicon.shtml>> (acesso em mar. 2016) descreve como o isótopo ^{15}N foi aplicado na descoberta do caráter semiconservativo da duplicação do DNA.

No caso de uma substância nitrogenada, as proporções de moléculas com ^{14}N e ^{15}N são determinadas por

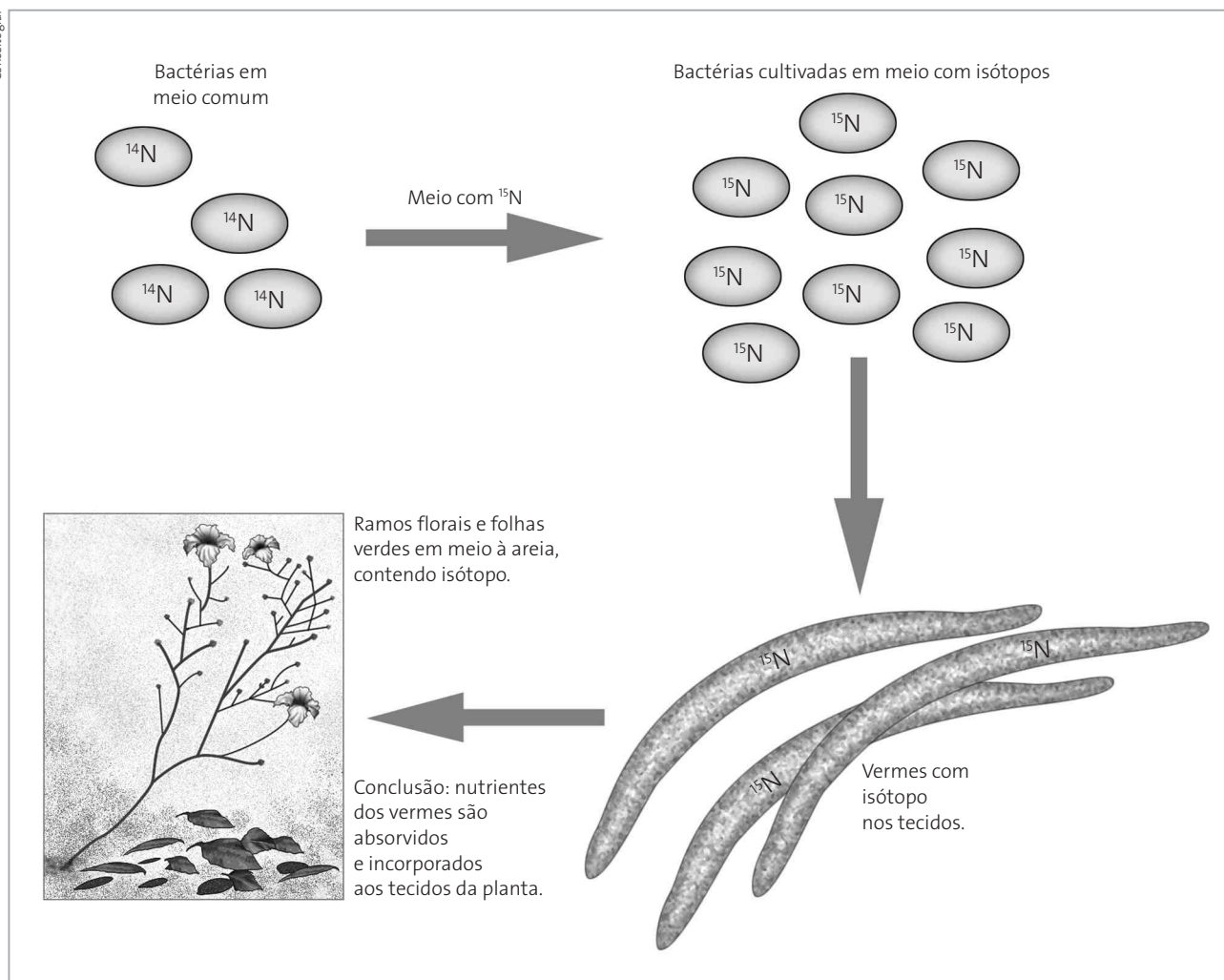
ultracentrifugação ou outra técnica baseada em diferença de densidades.

No link <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2012/01/bonitinha-mas-assassina>> (acesso em mar. 2016) há uma ótima fotografia da planta e suas folhas subterrâneas globosas.

O que se espera:

- A primeira frase informa que o organismo faz fotossíntese; a segunda afirma que as folhas capturam e digerem vermes.
- Nas últimas 3 linhas.
- Neste esquema devem estar representadas as etapas de cultivo das bactérias, a incorporação destas pelos nematódeos e finalmente a assimilação dos isótopos mediante a digestão dos vermes seguida de absorção.

Conceitograf



Quanto às perguntas feitas neste item: a hipótese testada é que os nutrientes nitrogenados incorporados aos tecidos de nematódeos podem ser absorvidos e usados pelas plantas em seus próprios tecidos; o teste foi feito "criando" vermes com tecidos enriquecidos com nitrogênio pesado, oriundo das bactérias de que se alimentaram. Os nematódeos foram postos à disposição das plantas, e se procurou detectar se havia nitrogênio

pesado nos tecidos vegetais (os vermes teriam sido a única fonte possível desse material!). Se o nitrogênio estiver nas moléculas orgânicas dos vermes, tais como proteínas, então a única forma de ter sido assimilado pelas plantas seria após a digestão dos tecidos do animal; o resultado principal foi a presença de nitrogênio pesado nos tecidos das folhas das plantas, permitindo confirmar a hipótese.

Atividade 4: É ser vivo ou não é?

Sobre a estratégia:

Este é um caso de organismo pouco típico. Os estudantes devem exercitar a busca de um padrão: o das características básicas dos seres vivos reunidas.

O que se espera:

Capacidade de deslocamento, captura de alimento (e seu aproveitamento), reprodução.

CAPÍTULO 2

■ Introdução à Ecologia

Evolução e Ecologia são temas relacionados e centrais no estudo da Biologia. Este capítulo introduz a Ecologia por meio de uma visão geral de nosso planeta, destacando seus aspectos dinâmicos. Noções sobre estações do ano, clima e efeito dos oceanos sobre ele são incluídas.

O momento é propício para discutir e orientar os estudantes em atitudes compatíveis com a prática ecológica, estimulando-a e levando-os a tomar consciência da capacidade que têm de melhorar seu microambiente. Discussões em sala de aula estimulam os estudantes a pensar criticamente, a observar os fatos que os cercam e a analisar as consequências de ações tomadas individualmente e em conjunto. É desejável que, durante o período de estudos, os estudantes se mantenham especialmente atentos a temas discutidos na mídia.

Neste e no próximo capítulo, abordamos temas que também são tratados na Geografia, o que torna conveniente conversar com o(a) professor(a) dessa disciplina e analisar em conjunto a possibilidade de realizar um trabalho integrado, o que enriqueceria os estudos.

Ao abordar o item 3 do capítulo, “Os grandes padrões climáticos” (p. 34), enfatize conceitos importantes como estações do ano e grandes padrões de distribuição dos biomas terrestres.

A órbita descrita pelo planeta Terra ao redor do Sol é praticamente circular, ou seja, os focos da elipse são muito próximos. Portanto, não há diferença significativa em termos de mudanças de temperatura no planeta decorrente da trajetória executada pelo planeta Terra durante o movimento de translação. Desmistifique, assim, o equívoco comum de pensar que, quando a Terra está mais próxima do Sol, é verão e, quando está mais distante, é inverno. Mostre aos estudantes que, quando é verão em um hemisfério, é inverno no outro, o que evidencia esse equívoco.

O entendimento do clima global pode ser facilitado mostrando a causa básica do gradiente de temperatura que se vê da linha do equador para os polos. O objetivo é fazer com que os estudantes entendam por que, em uma época do ano, o clima é mais quente em certa latitude e, em

outra época, mais frio. Além disso, lançam-se as bases para a compreensão das estações do ano. Ao considerarmos os movimentos de rotação e translação da Terra, bem como a inclinação do eixo de rotação em relação ao plano da órbita e a área que recebe luz, procuramos levar o estudante a perceber a razão de ocorrerem variações na duração do dia e da noite e variações térmicas entre as estações do ano. O estudo deste tema também ajudará os estudantes na assimilação dos conceitos de solstício e equinócio, importantes, até mesmo, do ponto de vista da cultura humana. Dependendo do interesse, pode-se explicar por que a altura aparente do Sol, em relação à linha do horizonte (também chamada de elevação), ao meio-dia, associada à data, é um indicador da latitude – e daí relacionar essa propriedade com a orientação dos antigos navegadores nas viagens leste-oeste.

Ao trabalhar com os estudantes as fotografias do item 3, observe que a quantidade de luz que passa pela janela recortada na cartolina é sempre a mesma em todas as situações, pois a distância da cartolina ao ponto de luz e a área em que a luz passa são as mesmas. Nos polos, a área iluminada é maior que na linha do equador. Assim, nos polos a concentração de partículas de luz por unidade de área (por exemplo, por centímetro quadrado) é menor – daí o menor brilho. Se pensássemos em uma área coberta por vegetação, ela receberia mais luz quando iluminada perpendicularmente (caso do equador) do que quando iluminada obliquamente (caso das maiores latitudes).

Caso seja possível, marque um ponto no globo que mostre aproximadamente onde está a escola. Para um indivíduo em qualquer ponto da superfície terrestre – o ponto de localização da escola, por exemplo –, com a Terra girando em torno de seu eixo e ao redor do Sol fixo, terá o amanhecer correspondendo à sua entrada na zona iluminada e o anoitecer à entrada na zona escura, sempre oposta ao Sol. Para uma pessoa no trópico de Capricórnio, no solstício de inverno (junho), o Sol “passa” entre ela e o Polo Norte. Traçando nessa oportunidade uma linha vertical entre o Sol do meio-dia e o horizonte, o ponto onde ela encontra o horizonte marca o rumo norte geográfico. No solstício de verão (dezembro), para a mesma pessoa, o Sol do meio-dia vai se encontrar no alto do céu. No equador, o Sol nos equinócios “passa” no alto do céu; no solstício de junho, “passa” um pouco ao norte; e no solstício de dezembro, um pouco ao sul. No solstício de dezembro, quem está no Círculo Polar Ártico não vê o Sol em nenhuma hora do dia; enquanto no Círculo Polar Antártico ele o vê próximo do horizonte durante todas as 24 horas do dia. No solstício de junho, essa situação se inverte.

Em um certo ponto da superfície da Terra, será inverno quando os raios de Sol incidirem obliquamente sobre ele. Quanto mais baixo o Sol “passar” pelo céu ao longo do dia, mais fria será a região onde isso acontecer. Quando os raios incidem perpendicularmente à superfície em um hemisfério (Sol no alto do céu ao meio-dia), inevitavelmente incidirão inclinados no hemisfério oposto: assim, quando é verão

em um hemisfério, é inverno no outro. No equador, em vez de a altura em que o Sol “passa” variar desde o alto do céu até certo tanto acima do horizonte, ela varia de um pouco ao norte do alto do céu até um pouco ao sul. Assim, ele sempre “passa” pelo menos próximo do alto do céu e, portanto, nunca fica tão baixo ao meio-dia como ocorre nos invernos dos trópicos ou de latitudes maiores em direção aos polos. Além disso, há a duração do período claro do dia: quanto mais longe do equador, na direção dos trópicos, maior a diferença de duração entre o dia e a noite que se observa entre o solstício de junho e o de dezembro. Assim, não é só a intensidade da iluminação, mas também a duração do período claro que varia, dependendo da latitude e da estação do ano.

O texto “El Niño e La Niña e sua ação no clima” (p. 38), aborda um tema que aparece com frequência na mídia e que é de grande relevância em termos globais. A compreensão do papel das correntes marinhas no clima é fundamental não apenas pela compreensão do processo em si, mas também para a discussão sobre mudanças climáticas. Destacamos os efeitos desses eventos na América do Sul, com ênfase no Brasil, tomando como base trabalhos realizados em instituições brasileiras, no caso, o Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), na Bahia.

■ Orientações sobre o boxe *Despertando ideias*

p. 31 – Efeito estufa e aquecimento

É um experimento simples que sugerimos antes do tema efeito estufa. Partimos de uma hipótese testável e propomos os procedimentos. Aqui temos um bom exemplo de método hipotético-dedutivo, já que se parte de uma hipótese teórica – o efeito estufa depende do material que recobre a superfície sobre a qual incide a radiação solar. Você pode sugerir aos estudantes que elaborem outros experimentos para testar a hipótese, o que seria muito enriquecedor para a compreensão da metodologia científica e para valorizar a iniciativa e a criatividade deles.

As três caixas do experimento são iguais, exceto pela abertura superior, que em uma das caixas é coberta com vidro (caixa 3) e em outra, com filme plástico (caixa 2). A caixa 1 permanece descoberta durante todo o experimento. Como o regime de insolação é o mesmo, a caixa sem cobertura informa a variação da temperatura do meio interno da caixa **sem** a influência de qualquer material de cobertura e atua como caixa-controle; nas caixas cobertas (cobertura perfeitamente transparente nos dois casos), a temperatura supera a da caixa-controle, embora seja esperado maior aquecimento na coberta com vidro.

Podemos dizer que a energia da luz solar convertida em calor no interior de cada caixa dissipa-se por toda a superfície das três caixas, porém há uma parte dessa energia que sai livre na caixa descoberta, uma menor que passa pelo filme plástico e a menor de todas que passa pelo vidro.

Você poderia questionar os estudantes: “o que esperaríamos se as caixas fossem de isopor (bom isolante térmico), em vez de papel?”.

Para ficar mais confiável, esse experimento pode ser modificado aplicando-se um desenho experimental em blocos: em alguns lugares diferentes, monta-se todo o experimento com as três caixas. Cada conjunto desses é um bloco. Se forem cinco blocos, temos replicação dos tratamentos. Esse desenho é usado muito frequentemente em pesquisas científicas.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 39 – Tema para discussão

Cidades e ecossistemas

Aqui abordamos o tema ecologia urbana, raramente incluído nos programas de Ensino Médio. Caso considere procedente, entre nos *links* citados como fontes dos textos no Livro do Estudante e acesse a íntegra dos trabalhos. Isso propiciará uma exploração ainda maior do assunto.

O objetivo das questões propostas é levar os estudantes a observar o ambiente onde vivem, fazendo-os refletir sobre sua cidadania, sua postura e os próprios valores.

Peça aos estudantes que apresentem algumas propostas caso estivessem na posição de um administrador público. Dessa forma, os estudantes podem exercitar a cidadania.

p. 41 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Correntes oceânicas e padrões térmicos globais

Sobre a estratégia:

Esta atividade busca fazer com que os estudantes entendam as variações regionais do clima, considerando o componente temperatura. A importância dos oceanos no estabelecimento de variações climáticas entre as diversas regiões do mundo deve ficar bem estabelecida. Águas mais frias tendem a absorver calor das massas de ar superficiais, esfriando-as. Caso essas massas de ar se desloquem, farão a temperatura atmosférica baixar nas regiões por onde passam. Analogamente, se as águas são quentes, tendem a aquecer a atmosfera – isso é o que acontece quando a corrente do Golfo do México atinge o norte da Europa. O objetivo desta atividade é levar o educando a perceber a correlação entre as temperaturas da água dos oceanos, as correntes marinhas e a temperatura atmosférica nos próprios oceanos e nas regiões continentais. Essa abordagem contribui para desenvolver a noção de que os grandes processos globais atuam de modo integrado. Um impacto forte sobre um deles logo se reflete em outros.

Você pode auxiliar os estudantes na busca por informações em um atlas, durante a aula de Biologia. O mapa

de correntes oceânicas do capítulo deve ser bem compreendido pela turma.

Como atividade de extensão extraclasse, você pode pedir uma pesquisa a respeito das influências do aquecimento global sobre a temperatura no norte da Europa, causando um resfriamento regional. Essa é uma possibilidade concreta, relacionada com o degelo da Groenlândia e do nordeste do Canadá levando água doce para o oceano e bloqueando a circulação vertical que mantém ativa a corrente do Golfo.

O que se espera:

- a) Em todos os casos, a água do mar do lado oeste é mais fria que do lado leste. Isso se explica pelo fato de que, no lado oeste da América do Sul e da África, as correntes costeiras de águas frias se orientam do sul (Antártida) para o norte, enquanto no lado leste elas vêm quentes do norte e dirigem-se para o sul. Padrão similar ocorre nos Estados Unidos, onde a corrente quente do Golfo costeia a América do Norte dirigindo-se para o norte e aquecendo não só essa região como também a Inglaterra e o norte da Europa. Na verdade, no lado leste dos continentes, as correntes quentes se afastam do equador.
- b) Sim, os padrões são muito semelhantes. Isso se deve à troca de calor entre as massas de água oceânicas e a atmosfera.
- c) Isso se deve à corrente do Golfo, que leva água aquecida para essas regiões do norte.

Atividade 2: El Niño, La Niña e o clima global

Sobre a estratégia:

Os fenômenos de El Niño e de La Niña provocam, de tempos em tempos, variações climáticas em muitas regiões do mundo, algumas delas bastante intensas. As implicações ambientais e ecológicas desses eventos refletem na natureza em geral e na própria sociedade humana. Pode haver consequências na produção de alimentos, na manutenção de pastagens e, juntamente com outras mais, no próprio cotidiano das pessoas. Por esse motivo, levar os educandos à compreensão do assunto é uma forma interessante de promover a inserção deles na natureza, em escala regional.

Os estudantes serão levados a interpretar esquemas e mapas para compreender processos que poderiam parecer, à primeira vista, desconectados, mas que, uma vez integrados, permitem entender (e explicar) fenômenos mais complexos.

Como a atividade tem um forte componente geográfico, convém que você disponibilize um atlas para a turma.

Os educandos poderão produzir um trabalho a ser entregue na forma digital, com o texto das respostas às perguntas e figuras de mapas capturados da internet. Nesse processo, irão familiarizar-se com a integração de elementos gráficos (texto e figuras) por meio de operações copiar-colar, abrangendo também a formatação final do produto.

Outra participação importante sua, como educador(a), é servir de mediador(a) entre o texto tecnicamente aprofundado que se apresenta no livro e os educandos, facilitando a compreensão dos termos e processos descritos. Essa discussão irá assegurar o entendimento de toda a questão por parte deles.

O que se espera:

- a) Durante o fenômeno do El Niño, o aquecimento das águas oceânicas ao largo do Peru produz um aquecimento também da massa de ar sobre essa região, que fica mais quente que no oeste do Pacífico. O ar aquecido se eleva estabelecendo-se uma circulação ao longo do equador (célula de Walker), pela qual massas de ar deslocam-se sobre o oceano ao longo dessa linha de oeste para leste, tornando-se mais úmidas (em maior altitude há o retorno de ar mais frio e seco de leste para oeste). Com a elevação de ar quente e úmido, produzem-se as chuvas representadas sobre o Peru no esquema da situação II. Durante o fenômeno La Niña, as águas ao largo do Peru resfriam-se e então no oeste do Pacífico a temperatura torna-se mais alta. Isso faz inverter-se o sentido da circulação de massas de ar ao longo do equador, provocando seca no Peru e chuvas em regiões próximas à Austrália (situação I).
- b) Porque há uma inversão no sentido da circulação de ar ao longo do equador (ver item a), dependendo de qual seja o fenômeno. Durante o evento El Niño, chove mais que o normal no Peru e no Equador. Durante o La Niña, o aumento no volume de chuvas ocorre no oeste do Pacífico, pouco ao norte da Austrália.
- c) Informações podem ser encontradas no mapa da América do Sul, no texto “El Niño e La Niña e sua ação no clima” deste capítulo (p. 38). É interessante orientar os estudantes a realizar pesquisas complementares em outras fontes confiáveis.

CAPÍTULO 3

■ Ecossistemas terrestres e aquáticos

Neste capítulo, apresentamos os principais ecossistemas aquáticos e terrestres e, como no capítulo anterior, esses temas também podem ser discutidos com a disciplina de Geografia, estimulando trabalhos interdisciplinares.

A classificação quanto ao número de biomas e aos limites de cada um difere entre os biogeógrafos, criando variações quanto ao que deve efetivamente ser reconhecido. Limites bem definidos são convenientes para cartógrafos, mais do que uma realidade da natureza. Esse momento é oportuno para uma atividade de campo com os estudantes, a fim de mostrar-lhes o bioma da localidade onde vivem.

A classificação usada nesta obra segue o *Mapa de Biomas do Brasil do IBGE* (2004). A seguir, um trecho da nota técnica apresentada no mapa, que explica o conceito de bioma e como foi feita a classificação que estamos adotando.

A formulação do conceito de bioma se deu no início do século passado, como parte da Ecologia dinâmica, no que se refere aos estudos de sucessão, formação clímax e bioecologia, no contexto da busca de uma abordagem do conjunto planta-animal. Nesse processo chegou-se à formulação de que o bioma, ou formação planta-animal, é a unidade básica da comunidade e seria composto de plantas com os animais incluídos. Outra constatação foi de que, na biosfera, os organismos formam comunidades relacionadas com seu ambiente através da troca de energia e matéria e, desta forma, um tipo mais abrangente de comunidade reconhecido por sua fisionomia seria um bioma. No Brasil, com a disseminação do conceito da biodiversidade e visando ressaltar a riqueza biológica e genética, o bioma tem estado sempre associado ao conceito de conservação, e sua visualização vem sendo buscada através da agregação dos ecossistemas por proximidade e regionalização.

Mediante tais considerações, bioma, palavra derivada do grego *bio* – vida, e *oma* – sufixo que pressupõe generalização (grupo, conjunto), deve ser entendido como a “unidade biótica de maior extensão geográfica, compreendendo várias comunidades em diferentes estágios de evolução, porém denominada de acordo com o tipo de vegetação dominante”. Assim, na configuração do Mapa de Biomas do Brasil, o conceito leva ao entendimento de que um bioma:

- constitui um conjunto de tipos de vegetação, identificável em escala regional, com suas flora e fauna associadas;

- é definido pelas condições físicas predominantes, sejam climáticas, litológicas, geomorfológicas, pedológicas, assim como uma história evolutiva compartilhada; e

- é dotado de diversidade biológica singular.

Como resultado, conceitua-se bioma como um conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, resultando em uma diversidade biológica própria.

Visando atender a essa conceituação na elaboração do mapa de biomas, alguns princípios foram estabelecidos:

- seria tomado como referência o Mapa de Vegetação do Brasil escala 1:5 000 000;

- cada bioma abrangeria grandes áreas contínuas, observadas suas condições de mapeabilidade;

- as disjunções vegetacionais seriam incorporadas ao bioma dominante;

- cada área de contato seria anexada a um dos biomas confrontantes, tendo como critério a tipologia dominante em cada contato;

- em função da escala do mapa, os ambientes costeiros seriam segmentados e anexados ao bioma adjacente mais próximo.

Dessa forma foram considerados exclusivamente os biomas continentais do território brasileiro, assim denominados: Bioma Amazônia, Bioma Mata Atlântica, Bio-

ma Caatinga, Bioma Cerrado, Bioma Pantanal e Bioma Pampa. A nomenclatura adotada levou em consideração as denominações tradicionalmente mais usuais e populares ligadas à fitogeografia brasileira.

[...] as disjunções (repetições em escala menor de um tipo de vegetação diferente da Região Fitoecológica dominante) são consideradas como parte do bioma circundante dominante e as Áreas de Formações Pioneiras estão incluídas nos biomas aos quais estão inseridas ou contíguas. Exemplificando, as savanas (Cerrados) encontradas na Região Amazônica estão incluídas no Bioma Amazônia, as Florestas Ombrófilas Abertas (brejos) do sertão nordestino estão incluídas no Bioma Caatinga e os mangues e restingas estão incluídos nos respectivos biomas cujos limites tocam o Oceano Atlântico (Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado e Pampa). Isto não descaracteriza a tipologia que se encontra disjunta no bioma dominante, pelo contrário, reforça sua condição de diferença, e como tal, para efeito de conservação, deve ser alvo de atenção especial.

[...]

Fonte: IBGE. *Mapa de Biomas do Brasil*. 2004.
Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Cartas_e_Mapas/Mapas_Murais/biomas_pdf.zip>. Acesso em: mar. 2016.

Discutimos os ecossistemas aquáticos baseados nos aspectos estruturais e funcionais, tratando de rios, oceanos e lagos. Também analisamos resumidamente os organismos e suas adaptações a esses ambientes, destacando o que é fundamental em cada ecossistema.

Para quem mora próximo ao litoral, esse assunto pode ser acompanhado de uma atividade de campo que proporcione aos estudantes a oportunidade de observar organismos da região entremarés e suas adaptações a esse ambiente. Atividades desse tipo são uma forma agradável de relembrar os grupos de seres vivos estudados no Ensino Fundamental, resgatando conhecimentos importantes ao longo do curso de Biologia. Essa atividade de campo também pode ser realizada em ambientes límnicos.

Como em qualquer atividade de campo, é importante a preocupação contínua com normas de segurança para trabalhar com os estudantes.

Estimule-os a procurar, em um atlas ou no livro de Geografia, um mapa de relevo do Brasil, onde poderão visualizar melhor as diferenças de topografia entre Amazônia e Mata Atlântica. Ainda com esse mapa, oriente-os a localizar a serra do Mar, explorando suas implicações para a pluviosidade.

Tanto o texto “Pesca e caça desordenadas” (p. 54) como o texto “O Pantanal e as atividades humanas” (p. 61) têm como fim ampliar a visão do estudante acerca das interferências humanas em dois biomas brasileiros. Você pode levantar alguns questionamentos, como, no caso do primeiro texto: com o tempo, o que pode acontecer a uma “floresta vazia”, como alguns pesquisadores se referem a áreas com árvores mas com sua fauna drasticamente reduzida? Caso a região onde se situa a escola não

seja abordada em nenhum dos dois textos, proponha à turma que pesquise a respeito de ações humanas similares a essa na região de vocês.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 64 – Tema para discussão

O fogo: inimigo ou amigo?

Nesse **Tema para discussão** abordamos a questão do fogo em um ecossistema particular: o Cerrado. O fogo é fundamental na estruturação do Cerrado. É um evento natural que ocorre nesse ambiente, e os organismos que aí vivem possuem adaptações, selecionadas ao longo do tempo, que lhes permitem viver com esse fenômeno. Deve ficar bem evidente para o estudante que não estamos falando do fogo provocado de forma descontrolada pela ação humana, com intuito de substituir o Cerrado por cultivos, pastagens e outras finalidades. É importante lembrar ainda que a ocupação deste bioma deve ser planejada, de modo a propiciar o desenvolvimento sustentável.

A primeira questão proposta visa fazer com que o estudante valorize o hábito de usar dicionários como um importante recurso para enriquecer seu vocabulário e compreender textos mais profundamente. Estimulamos que você reforce com eles a importância do uso de dicionários não apenas aqui, mas sempre que necessário. A incorporação desse hábito é fundamental na vida prática.

Na segunda questão, estamos propondo a elaboração de folheto de divulgação sobre o fogo no Cerrado, visando não apenas levar os estudantes à discussão do texto como também fazer com que procurem mais informações sobre o tema. Seria interessante que você recomendasse *sites* de universidades e de órgãos públicos sobre meio ambiente para obter mais dados. A elaboração desse folheto procura estimular também a habilidade de síntese na transposição desse saber para o público em geral.

Tanto a primeira como a segunda questões oferecem uma boa oportunidade de interdisciplinaridade com Língua Portuguesa e Arte.

Na terceira questão, é fundamental que os estudantes notem que se trata de um parque na Mata Atlântica, onde o fogo não é um fenômeno natural. Por isso, as espécies que vivem ali não possuem adaptações que lhes permitam sobreviver aos incêndios, os quais, em razão disso, são altamente destrutivos quando ocorrem.

p. 66 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Construindo um pluviômetro

Sobre a estratégia:

A precipitação ou pluviosidade é uma variável considerada a todo momento, juntamente com a temperatura,

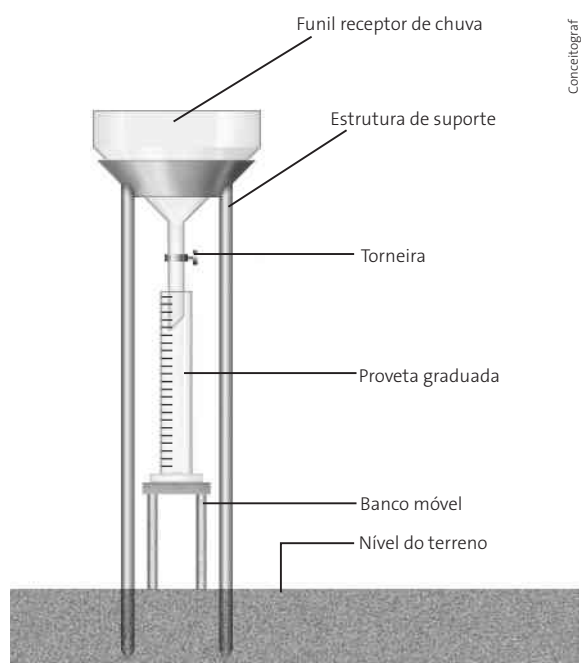
tanto no desenvolvimento básico do conteúdo como em várias atividades. Embora essa última medida seja bem conhecida pelos estudantes, tanto quanto o termômetro, a pluviosidade já não o é. Levar os estudantes a construir um pluviômetro envolve conhecimentos de Matemática, alguma noção de Física (fatores que afetam a evaporação) e certa habilidade manual. O artefato está aqui concebido em sua forma mais elementar. Aplicando outros conhecimentos, os educandos podem aperfeiçoar o equipamento, tornando-o mais eficiente. Há ainda a possibilidade de engajamento em prazo mais longo medindo a precipitação em diferentes locais e meses do ano.

Os estudantes podem ter dificuldades na conversão de unidades e na fórmula para o cálculo da área da boca e do volume de cilindros:

$\text{Área da boca do cilindro} = \pi R^2$ onde **R** é o raio da abertura

$\text{Volume do cilindro} = \text{Área da boca do cilindro} \times \text{Altura do cilindro}$

Segue-se um projeto de pluviômetro mais elaborado. No final da atividade, você poderá desenhá-lo no quadro explicando a finalidade de seus componentes.



Explicações simples sobre a construção de vários instrumentos meteorológicos podem ser encontradas no [link <http://www.feiradeciencias.com.br/sala02/02_0m0.asp>](http://www.feiradeciencias.com.br/sala02/02_0m0.asp). Acesso em: mar. 2016.

O que se espera:

a) Deve-se dividir 10 mil cm² pela área da boca do cilindro coletor, calculada em cm². Suponhamos que o diâmetro da garrafa PET seja 12 cm. Sendo o raio (**R**) a metade do diâmetro, teríamos **R** = 6 cm e, portanto:

$$\text{Área da abertura} = \pi R^2 = 3,14 \times 6^2 = 113,04 \text{ cm}^2$$

Uma vez calculada a área da boca do coletor, calcule-se a proporção a que corresponde em 10 mil cm². Em nosso exemplo, a proporção é dada por $\frac{10000}{113,4} = 88,4$.

Ou seja, em um metro quadrado cabem 88,4 áreas iguais à área da boca do pluviômetro (supondo que a abertura da garrafa PET tenha 12 cm de diâmetro).

- b)** Inicialmente o volume de água coletada deve ser multiplicado pelo resultado do item **a**. Isso dá o volume em mL estimado para uma área de 1 m². No fim, deve-se converter o volume para litros, dividindo o resultado em mL por 1000, já que cada litro tem 1000 mL. Vamos supor, no exemplo, que o volume coletado tenha sido de 120 mL. Com nossos números, teremos:

Volume em mL correspondente a uma área coletora de 1 m² = 120 × 88,46 = 10 615,2 mL

Volume em litros correspondente =

= 10 615,2 mL = $\frac{10\,615,2}{1000} \cong 10,6$ litros (supondo 120 mL de volume coletado).

- c)** Como o volume de água coletado em um reservatório com 1 m² de abertura seria aproximadamente 10,6 litros (supondo 120 mL de volume coletado), então a medida de precipitação correspondente é 10,6 mm.
- d)** A evaporação do volume coletado poderia alterar o resultado. Quanto maior for o tempo de permanência do artefato no campo de estudo, maior será a perda de água acumulada por evaporação, o que representaria uma pluviosidade menor do que a real. Em ambientes com temperaturas mais altas e ventos mais fortes, esse efeito é mais intenso, já que fica favorecida a evaporação.
- e)** Usaria a garrafa PET sem cortar o gargalo, porém adaptando um funil com diâmetro conhecido em sua parte mais larga para que seja possível calcular a área da boca do funil – que agora coletará a água. Assim, a área disponível para evaporação por ação do vento seria apenas a do “bico” do funil. Colocando a garrafa em um compartimento fresco, e ligando o funil a ela por meio de um pedaço de mangueira plástica, seria evitada não só a influência do vento como também o aquecimento da água, reduzindo-se ao máximo a evaporação.
- f)** Com a régua colocada na vertical sobre a superfície externa da garrafa, o estudante mediria a altura da coluna d’água coletada em centímetros, com uma casa decimal. Usando a fórmula para cálculo do volume de cilindros: volume de água captado (cm³) = área da base da garrafa (cm²) × altura da coluna d’água (cm), o volume seria facilmente calculado. Mesmo assim, ficaria uma imprecisão devido à forma irregular da base da garrafa. Se o estudante instalasse o pluviômetro com um pouco de água dentro, no nível mais baixo da parte cilíndrica da garrafa, e marcasse esse nível de modo permanente, ele poderia calcular o volume de água captado a partir da diferença entre o nível original e o final. Desse modo, a medida seria praticamente ideal.

Atividade 2: Reconhecendo os biomas mundiais por sua temperatura e precipitação

O estudante deverá perceber de que modo a combina-

ção temperatura × pluviosidade pode distinguir os grandes biomas do mundo. Nesse caso, a escala temporal é anual – não são consideradas variações sazonais.

Ele deverá fazer a correspondência entre os dados indicados na tabela apresentada (**A** até **I**) e os dados do gráfico que delimita os biomas em função de sua temperatura e precipitação médias anuais, reconhecendo, então, a que biomas os locais pertencem. Após reconhecer os biomas correspondentes aos dados apresentados na tabela, ele descreverá sucintamente as principais características de cada um.

Cabe a você, professor(a) estimular os educandos a se engajarem ao máximo na procura das informações no livro.

O que se espera:

a)

Locais	Biomas
A	Tundra
B	Floresta de coníferas
C	Floresta temperada decídua
D	Deserto
E	Savana
F	Campos
G	Florestas tropicais
H	Florestas tropicais
I	Chaparral

- b)** Resposta de acordo com os biomas identificados pelo educando. Observe se há coerência com as informações do capítulo e se o educando consegue selecionar, dentre as características do bioma, aquelas que são de fato específicas dele.

Atividade 3: Biomas savânicos brasileiros

Sobre a estratégia:

Esta atividade depende de os estudantes extraírem valores numéricos aproximados dos gráficos, a fim de poderem usar as informações. As escalas dos eixos foram propositalmente graduadas em intervalos estreitos para facilitar a tomada dos dados, que pode ser feita com o uso de uma régua (a fim de projetar cada ponto sobre a escala dos eixos verticais). Em vez de partir de uma tabela e chegar a um gráfico, estamos partindo de um gráfico para chegar a uma tabela de valores aproximados.

Os estudantes poderão usar o *software* gratuito *LibreOffice* (já mencionado neste Manual) para construir e organizar as tabelas pedidas no item **a**.

Usando a planilha eletrônica do *LibreOffice* você, professor(a), pode ensinar como trabalhar com expressões para calcular valores. Por exemplo, no item **b**, em que se pedem as médias anuais das temperaturas mensais para

os municípios A e B, os estudantes podem digitar a fórmula da média e da soma sob as colunas onde estão as temperaturas e precipitações respectivamente.

Município A

Reprodução

Mês	Temperatura	Precipitação
Jan.	22	241
Fev.	22	214
Mar.	22	189
Abr.	22	123
Mai	20	40
Jun.	19	8
Jul.	19	11
Ago.	21	12
Set.	23	51
Out.	22	171
Nov.	21	236
Dez.	21	249

Município B

Reprodução

Mês	Temperatura	Precipitação
Jan.	22	241
Fev.	22	214
Mar.	22	189
Abr.	22	123
Mai	20	40
Jun.	19	8
Jul.	19	11
Ago.	21	12
Set.	23	51
Out.	22	171
Nov.	21	236
Dez.	21	249

O que se espera:

a) Tabela A

Mês	Temperatura	Precipitação
Jan.	26	51
Fev.	26	84
Mar.	27	159
Abr.	27	151
Mai	27	94
Jun.	26	31
Jul.	24	17
Ago.	24	8
Set.	25	6
Out.	26	1
Nov.	26	1
Dez.	26	16

Tabela B

Mês	Temperatura	Precipitação
Jan.	22	241
Fev.	22	214
Mar.	22	189
Abr.	22	123
Mai	20	40
Jun.	19	8
Jul.	19	11
Ago.	21	12
Set.	23	51
Out.	22	171
Nov.	21	236
Dez.	21	248

Os estudantes devem apresentar aproximações desses valores.

- b) Temperaturas médias anuais aproximadas: **A:** 26 °C; **B:** 21 °C.
- c) Variação térmica: **A:** 3 °C; **B:** 4 °C. Os valores não são muito diferentes; são variações bem estreitas.
- d) Precipitação anual aproximada: **A:** 619 mm; **B:** 1545 mm.
- e) Sim, há forte sazonalidade quanto à precipitação; há uma estação seca e uma estação chuvosa, ambas bem marcadas nos dois municípios.
- f) O município **A** enquadra-se no bioma Caatinga, enquanto o município **B** enquadra-se no bioma Cerrado.

CAPÍTULO 4

■ Estrutura dos ecossistemas, fluxo de energia e ciclo da matéria

Neste capítulo, abordamos a estrutura dos ecossistemas, cadeias e teias alimentares, pirâmides ecológicas e ciclos da matéria.

Uma ótima oportunidade para abordar temas do dia a dia dos estudantes é o estudo dos ciclos biogeoquímicos. Uma discussão atual em sala de aula é a importância da água.

Caso haja um rio poluído em sua cidade, converse com os estudantes sobre como era esse curso de água antigamente e quais benefícios trazia à população. Peça-lhes que, ao analisar o estado atual do rio, comentem os prejuízos trazidos pela poluição (fauna, flora, economia da cidade, turismo, entre outros).

Ainda que não existam corpos de água poluídos em sua cidade, chame a atenção dos estudantes para a necessidade da preservação de rios, nascentes e demais fontes de água. Exemplifique as consequências do mau uso de cursos de água em outras cidades e discuta a importância de não cometermos os mesmos erros. Leve os estudantes a descobrir os agentes poluidores e os mecanismos para combatê-los.

Promova discussões que envolvam não somente a poluição da água da superfície, mas a dos lençóis freáticos, do ar, do solo e outros temas que considere interessantes.

A abordagem adotada neste capítulo considera consumidores aqueles que se alimentam de outros organismos, enquanto decompositores são os últimos a degradar o corpo de organismos mortos (detritos).

Professor(a), em relação ao item 5.2. “Pirâmide de biomassa” (p. 76), é importante saber que, em sua forma mais direta, a biomassa é a massa total de matéria orgânica presente na unidade ecológica (nesse caso, fala-se em biomassa total). Entre os pesquisadores, há certa controvérsia se a melhor medida em ecologia é a quantidade de matéria orgânica total dos organismos ou apenas a quantidade de matéria orgânica viva, mas o mais comum é considerar o total da matéria orgânica incorporada aos organismos vivos.

Quando se fala em ciclos da matéria, em especial do nitrogênio, é sempre interessante trazer para os educandos temas ligados a assuntos relacionados ao dia a dia, com os quais ele entra em contato por meio da mídia. É o caso da adubação, que aparece, por exemplo, nos supermercados em alimentos que são vendidos como produtos orgânicos cultivados sem adubos químicos e sem agrotóxicos, ou simplesmente nos fertilizantes vendidos nas floriculturas para enriquecer o solo dos vasos de plantas. Se possível, promova uma discussão sobre esse assunto com os estudantes para verificar se eles optam ou optariam por produtos orgânicos em uma compra em um mercado ou feira.

O texto “O ciclo do carbono e as mudanças climáticas” (p. 80) serve como mais uma oportunidade de mostrar ao estudante uma relação entre o estudo dos ciclos biogeoquímicos e um tema que hoje constitui uma preocupação mundial: o das mudanças climáticas. Além disso, as informações fornecidas no texto permitem a ele entender melhor o impacto da ação humana sobre o ciclo recente do carbono.

Mais adiante, no item a respeito do ciclo do nitrogênio, o texto “As contribuições de Johanna Döbereiner” (p. 84) cumpre uma dupla função: a de estabelecer a ligação entre o estudo dos ciclos biogeoquímicos e a busca por técnicas agrícolas menos impactantes ao ambiente e a de apresentar aos estudantes um exemplo feminino (e brasileiro) em uma área em que predominam os homens.

■ Orientações sobre o boxe *Despertando ideias*

p. 72 – Ciclo da matéria e fluxo de energia em um ecossistema

Esta atividade tem como objetivos tornar mais concretas as noções de ciclo e de fluxo e evidenciar a importância da energia para que o ciclo aconteça: sem energia, não há ciclo. O fluxo é unidirecional, o que não acontece com o ciclo. Na analogia feita, a roda gira graças ao fluxo de água da torneira. A queda da água (os temas da Física como energia potencial e cinética podem ser trazidos para discussão neste momento) fornece energia para a roda (o ciclo) girar. Nas teias alimentares, a energia flui entre os seus componentes e, nos ecossistemas, verifica-se o ciclo da matéria, em que a matéria presente no corpo dos seres vivos após a decomposição volta para o ambiente abiótico, e pode ser novamente aproveitada pelos autótrofos.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 86 – Tema para discussão

Pegada de água ou pegada hídrica

No *Tema para discussão* abordamos a crise mundial da água. Na atividade proposta, a preocupação foi voltar a atenção dos estudantes para eles mesmos, como agentes importantes na enorme teia da vida. Os estudantes são estimulados a analisar seus hábitos com relação ao uso que fazem da água. O objetivo principal dessa atividade é levar os estudantes a perceber que o problema do uso inadequado dos recursos naturais está relacionado a eles. Isso é fundamental, pois é muito comum as pessoas pensarem que não é problema delas o que está acontecendo com o meio ambiente. Temos de tentar reverter esse quadro, mostrando aos estudantes que todos nós temos responsabilidades e que a soma dos pequenos atos se reflete no todo. É necessário que os estudantes desenvolvam, nessa fase, uma postura de responsabilidade para com o meio ambiente. Assim, eles poderão transmitir essa forma de pensar para outras pessoas de seu convívio, adotá-la na educação de seus filhos e assim por diante. Por isso se diz que a educação é fundamental, pois apresenta enorme potencial multiplicador.

Um texto instigante sobre manejo de água é *A sede zero*, de Aldo C. Rebouças, que pode ser encontrado no *link* <<http://www.caminhodasaguas.ufsc.br/sedezero.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

p. 88 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Fluxo energético

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, é possível que os estudantes fiquem confusos pelo fato de estarmos falando de energia e nos referirmos a quantidades de alimento. Você poderá esclarecer essa questão antes do início da atividade, explicando que a matéria orgânica contém energia química em sua estrutura e que a quantidade dessa energia é proporcional à massa de matéria considerada.

Mais um ponto é enfatizar que a figura representa fluxo e não estoque. Isso significa que os valores representam a quantidade de energia que flui pela lagarta por unidade de tempo, ou seja, se a energia ingerida em um dia corresponde a 200 J, então, pode-se afirmar que desse tanto, nesse dia, 100 J serão perdidos nas fezes, 33 J serão investidos em crescimento (e ficarão incorporados ao corpo da lagarta), e 67 J serão destinados à manutenção da vida no processo de respiração celular.

Outro ponto bastante crítico é o que se apresenta no item f. Ainda considerando um período de um dia, se na quantidade de folhas que a lagarta ingere há 200 J de energia e se apenas 33 J acabam ficando na estrutura do corpo da lagarta, então, pode-se entender que no corpo, quando ela for comida por algum predador, só estará aproximadamente 1/6 da energia contida em todas as folhas que ela comeu para chegar ao tamanho atual. Em outras palavras, se o aproveitamento de folhas e de lagartas pelo predador for igualmente eficiente, então serão necessárias 6 lagartas para chegar à equivalência energética da quantidade de folhas consumida por apenas uma delas para formar o corpo que está sendo predado.

O que se espera:

- a) 200 J.
- b) Não. Uma parte é rejeitada na forma de fezes.
- c) $\frac{33 \text{ J} + 67 \text{ J}}{200 \text{ J}} = 50\%$
- d) Aparentemente não.
- e) Energia utilizada para manter-se viva = $\frac{67 \text{ J}}{200 \text{ J}} = 33,5\%$;
energia utilizada para o crescimento = $\frac{33 \text{ J}}{200 \text{ J}} = 16,5\%$
[A proporção destinada para a construção do corpo é, portanto, aproximadamente $\frac{1}{6}$].
- f) Escolheria comer o equivalente às folhas que a lagarta comeu, pois essa quantidade tem 6 vezes mais energia que o corpo da lagarta em si.

Atividade 2: Pirâmides ecológicas de números e biomassa

Sobre a estratégia:

Propositadamente, usamos termos que ainda não apareceram no texto, como frugívoro e insetívoro. Uma boa opção é disponibilizar um dicionário e incentivar os estudantes a consultá-lo.

Muito provavelmente eles terão dificuldades com a escala, ao construírem as pirâmides. O ideal é propor que cada valor seja dividido por 2 e cada metade seja traçada em um dos lados de uma linha vertical correspondente ao centro. Assim, o sistema de eixos vai parecer mais um T invertido do que um L. Mais adiante, quando do estudo de populações, esse tipo de gráfico vai aparecer de novo, representando as pirâmides etárias.

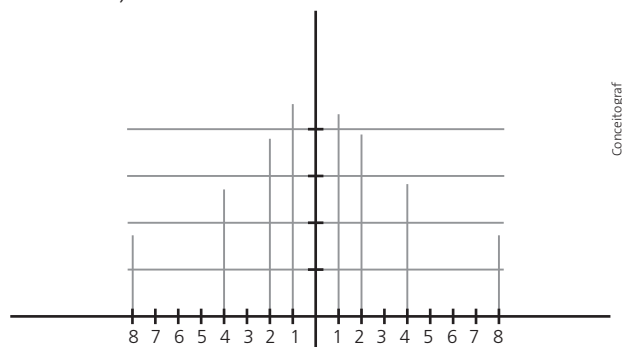
Segue um exemplo.

Vamos imaginar a seguinte tabela de números de indivíduos:

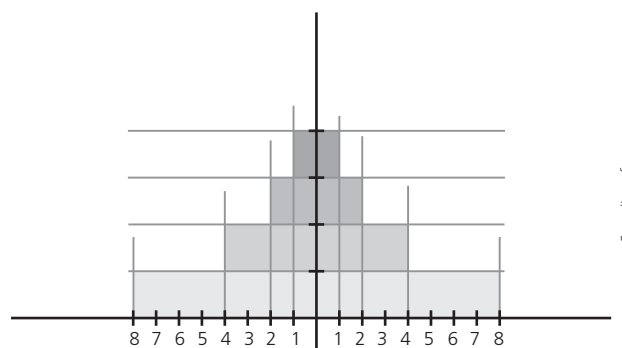
Nível trófico	Número de indivíduos
Produtores	160
Consumidores primários	80
Consumidores secundários	40
Consumidores terciários	20

O valor máximo (160) dará a largura da pirâmide (se o número de indivíduos do nível mais alto for muito pequeno em relação ao da base, é interessante fazer a base o mais larga possível). Nesse exemplo, se atribuírmos ao 160 uma largura de 16 cm (mais estreita que uma página de caderno), então o valor mínimo (20) corresponderá a 2 cm, o que é muito razoável. Decidido isso e dividindo cada valor por 2, teríamos 8 cm, 4 cm, 2 cm e 1 cm, correspondendo ao tamanho de cada barra horizontal à direita e à esquerda do eixo vertical central.

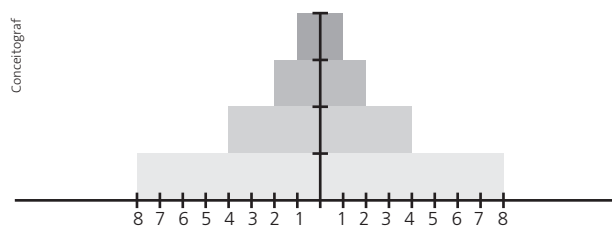
O gráfico, com eixos e linhas traçados a lápis e graduados em cm, inicialmente ficaria assim:



O próximo passo seria colorir as barras, ficando o gráfico como segue:



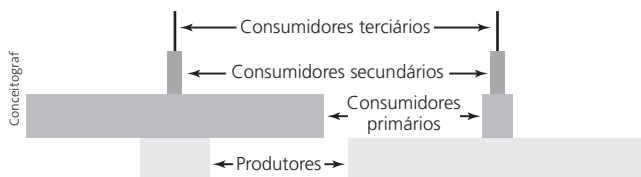
O passo final seria apagar as linhas feitas a lápis e os excessos dos eixos:



A construção gráfica de uma pirâmide ecológica em ambiente digital (usando programas como o *Paint* ou o *LibreOffice Draw*) poderia ser um desafio a ser proposto por você, professor(a), aos estudantes, caso haja condições na escola. Há aqui a oportunidade de apresentar um módulo de desenho a eles, que nessa altura do curso já devem conhecer algo do editor de textos e da planilha eletrônica.

O que se espera:

- Produtores: goiabeira e capim.
 - Consumidores primários: morcego frugívoro e pássaro frugívoro, gafanhoto e lagarta.
 - Consumidores secundários: pássaro insetívoro e morcego insetívoro.
 - Consumidores terciários: gavião.
- Pirâmide de números Pirâmide de biomassa



- Não; ela é invertida. O motivo é que a goiabeira apresenta peso seco médio (g) alto, mas é um só indivíduo, ou seja, contribui muito para a biomassa, mas não para a abundância.
- Ela é típica. Como os herbívoros comem só folhas e frutos, boa parte da biomassa da goiabeira (tronco, galhos e raízes) não é útil para eles.

Atividade 3: Consumo de água

Sobre a estratégia:

Atualmente, um grande problema relacionado à disponibilidade de recursos para as gerações futuras é o do suprimento de água. As reservas de água doce útil para as populações humanas estão sendo degradadas, o que é preocupante. Esta atividade destina-se a levar os educandos a conscientizar-se do volume de água que consomem ao longo do tempo e do que podem fazer para racionalizar esse consumo.

Trata-se de uma atividade simples, em que os estudantes são estimulados a interpretar gráficos de setores e de colunas, assimilando melhor as vias de consumo de água e sua importância relativa. Apresenta-se o consumo aproximado em cada ação no conjunto das atividades domésticas. Uma vez cientes dessas informações, os es-

tudantes ficam preparados para tomar decisões visando à racionalização de seu próprio consumo.

O que se espera:

- O gráfico B mostra o grande consumo em uma lavagem de carro, mas um carro não é lavado todos os dias. Outras atividades consomem menos água, porém são executadas mais vezes. Por exemplo, um banho curto gasta muito menos água do que a lavagem do carro, mas toma-se banho muitas vezes por mês.
- Banho / higiene pessoal (corporal) e descargas do vaso sanitário; 68%.
- Resposta pessoal, porém, as atividades mais prováveis são lavar carro e calçada diariamente, além de lavar roupas na máquina.

CAPÍTULO 5

■ Comunidades e populações

Neste capítulo, descrevemos os principais tipos de interações ecológicas entre os seres vivos de uma comunidade. Os tipos e os exemplos escolhidos representam os mais característicos, sendo importante lembrar que muitas vezes uma interação entre dois seres vivos pode não se encaixar exatamente entre os descritores.

Interações ecológicas ainda provocam muitas dúvidas, principalmente em questões de vestibular. A classificação das relações ecológicas varia conforme os diferentes autores de livros voltados ao Ensino Superior (consulte nas referências bibliográficas os livros citados para a área de Ecologia).

Apesar disso, os autores são unânimes ao afirmar a dificuldade em classificar as relações ecológicas, precisamente, em certa categoria. Organismos comensais, por exemplo, podem se tornar parasitas de seus hospedeiros caso ocorram certas modificações no ambiente.

A classificação das relações ecológicas foi estabelecida inicialmente por Haskell, em 1949, e modificada por vários autores, dentre eles Burkholder, em 1952. A classificação apresentada por Odum (2007) e adotada nesta obra segue a adaptação de Burkholder.

Odum afirma que, teoricamente, populações de duas espécies interagem das seguintes formas:

- (0 0), que seria o neutralismo;
 - (– –), que seria a competição;
 - (+ +), que seria o mutualismo;
 - (+ 0), que seria o comensalismo;
 - (– 0), que seria o amensalismo;
 - (+ –), que seria a predação, incluindo a herbivoria.
- Dessas seis relações básicas, Odum comenta que as do tipo (+ +), (– –) e (+ –) subdividem-se em:
- (+ +) mutualismo, quando as duas populações têm interação favorável, tornando-se completamente dependentes uma da outra;

- (+ +) **protocooperação**, quando ambas as populações interagem favoravelmente, mas não de forma obrigatória;
- (– –) **competição** por interferência direta, em que as duas populações inibem ativamente uma à outra;
- (– –) **competição** por exploração ou uso de recursos, em que cada população afeta adversamente a outra, de forma indireta, na obtenção de recursos limitados;
- (+ –) **predação**, incluindo herbivoria;
- (+ –) **parasitismo**.

Outros tipos de interação ecológica são descritos por outros autores, como a forésia, a sinfilia e o inquilinismo, esse último mencionado nesta obra.

Muitos autores consideram o inquilinismo uma forma de comensalismo. Brewer classifica as interações em dois grupos: as tróficas (herbivoria, frugivoria, predação de sementes, outros tipos de herbivoria, predação, parasitismo e saprofitismo) e as não tróficas (comensalismo, competição, amensalismo, neutralismo, mutualismo, micorriza e polinização).

Nota-se por esse resumo que há muitas classificações para as relações ecológicas. Isso se reflete em questões presentes nos vestibulares, nas quais pode surgir mais de uma alternativa correta, visto que, se o enunciado da questão não informar quais relações ecológicas são consideradas, fica difícil para o estudante encaixar a relação descrita em uma das mencionadas na questão.

Citam-se vários exemplos de problemas que envolvem esses conceitos e devemos estar atentos para eles. Eis alguns casos:

- **epífitas**: podem ser um exemplo de inquilinismo ou de comensalismo, nesse caso quando o inquilinismo não está entre as relações ecológicas listadas;
- todos os casos de **protocooperação** podem ser exemplos de mutualismo, desde que a protocooperação não figure entre as relações ecológicas listadas;
- alguns exemplos de **mutualismo**: ungulados (como o gado) e bactérias do estômago; cupim e flagelados que digerem a celulose presente na madeira; saúvas do gênero *Atta* e fungos que são cultivados para sua alimentação; micorrizas; bacteriorrizas; líquens (com ressalvas, pois há líquens cuja relação é de parasitismo do fungo sobre a alga); formigas e acácias. No último caso, as árvores abrigam as formigas e fornecem alimento para elas. As formigas fazem seus ninhos em cavidades especiais nos galhos e, em troca, protegem as árvores contra insetos herbívoros. Removendo-se experimentalmente as formigas, a árvore é atacada e acaba morrendo;
- **predação e herbivoria**: Odum considera herbivoria a situação em que o predador é um consumidor primário (geralmente um animal herbívoro) e a presa ou o “hospedeiro” é um produtor primário (um vegetal). Esses dois termos têm gerado confusão em vestibulares que consideram predação diferente de herbivoria; assim, seria considerado predação tanto quando o predador mata e come a presa, como quando um herbívoro come uma semente, porque dentro dela há um

embrião. Não sealaria em herbivoria, caracterizada quando um herbívoro come parte de uma planta e não a mata. No entanto, Odum inclui a herbivoria como um tipo de predação. Brewer também utiliza herbivoria para todos os herbívoros, até para os que se alimentam de sementes, embora mencione que esses animais comedores de sementes seriam, funcionalmente, mais semelhantes à predação que outros tipos de herbivoria (como comer partes de plantas, o que é feito pelo gado, por gafanhotos, veados, coelhos). Definindo predação, Brewer afirma claramente que predador é o organismo que mata e come animais ou protozoários.

Como é possível notar, há muita discussão em torno desse assunto.

No item 4, “Ecologia das populações” (p. 104), citam-se as principais características das populações em termos ecológicos e depois se discutem os principais fatores reguladores do tamanho das populações, com ênfase nos fatores bióticos. Aqui é importante abordar o preocupante problema da explosão populacional humana. A superpopulação gera estresse, altera comportamentos, e a competição por recursos provoca grandes e preocupantes tensões que já começam a se manifestar. Avanços na área biológica buscam melhorar a qualidade e aumentar a expectativa de vida das pessoas e têm conseguido controlar e combater doenças. Entretanto, isso não é uma realidade para todos, em função das diferenças sociais e econômicas, impedindo que uma boa parcela da população tenha acesso a esses serviços de saúde.

Dificuldades sociais e econômicas aumentam, principalmente, nos países em desenvolvimento, como o Brasil. Com o aumento populacional, não são garantidas condições de saúde, educação, moradia e alimentação, o que gera problemas graves, como a questão da segurança pública, assunto sempre presente na mídia. Será interessante, neste momento, apresentar aos estudantes a frase atribuída ao etólogo (estudioso do comportamento animal) austríaco Konrad Lorenz (1903-1989), Prêmio Nobel de Fisiologia e Medicina em 1973, e propor uma reflexão: “Não importa apenas saber quantos homens a Terra pode alimentar, mas a partir de qual densidade os homens começarão a se odiar uns aos outros”.

O texto “Desmatamento na Amazônia: causas e consequências” (p. 95) aborda um tema atual, que sempre aparece nas discussões mundiais sobre preservação do meio. Tem forte integração com a área de Geografia, na qual o assunto é abordado também sob o ponto de vista político e econômico. Assim, um projeto interdisciplinar envolvendo Biologia e Geografia seria muito proveitoso para explorar esse assunto, trazendo ganhos formativos importantes para os estudantes. Além disso, pode-se trabalhar análise e interpretação de gráficos, um dos grandes desafios do ensino e que temos trazido com ênfase na presente obra.

É interessante evidenciar para os educandos essa interdisciplinaridade entre Biologia, Geografia e Matemática e, se possível, propor uma atividade em conjunto com essas

disciplinas, tendo como eixo norteador o tema “desmatamento na Amazônia”. Podem ser explorados dados atualizados fornecidos pelo INPE no link <<http://www.obt.inpe.br/deter>> (acesso em: mar. 2016), a fim de se elaborar gráficos e analisar como esse problema vem se desenvolvendo, e o que isso significa em termos de utilização do solo.

Como complementação à leitura do texto “Grandes predadores inibem devastação do ecossistema” (p. 108), você poderá exibir em aula um vídeo a respeito da reintrodução dos lobos em Yellowstone, em 1995. Um dos endereços eletrônicos em que é possível encontrar uma versão legendada em português é: <<http://ciclovivo.com.br/noticia/video-explica-como-os-lobos-mudaram-o-curso-dos-rios-no-parque-yellowstone/>>. Acessado em: mar. 2016.

O tema do texto “Uso de parasitas e parasitoides no controle biológico” (p. 110) constitui mais um exemplo, para o estudante, de práticas agrícolas menos agressivas ao ambiente e ao organismo do ser humano e dos demais seres vivos.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 111 – Tema para discussão

Um exemplo real de desequilíbrio ecológico

Neste **Tema para discussão**, enfoca-se um exemplo real de desequilíbrio ecológico (ou deslocamento do equilíbrio, para alguns) provocado pelo ser humano e, nas questões propostas, espera-se que o estudante entenda as relações entre os organismos mencionados e o que a alteração na cadeia alimentar acaba por provocar. A sugestão de representar esquematicamente as relações e discutir o trabalho com os colegas é um incentivo à organização de dados e informações, de modo a facilitar análises.

A busca em sites de pesquisa na internet por “desequilíbrio ecológico no Brasil” traz grande variedade de itens. Os estudantes devem exercitar sua habilidade de seleção, neste caso pela localização geográfica de eventos ou processos que alteram equilíbrios, dando ênfase à sua região de origem ou de moradia.

A proposta dessas atividades é trabalhar com a cidadania, interpretação e elaboração de textos. Oriente-os a se informarem sobre o papel do prefeito e sobre como ele poderia atuar nessa situação. Nas respostas, eles devem considerar que muitas decisões dependem de outras esferas do poder Executivo, como o estadual e o federal, e que algumas medidas, como a criação de leis, dependem do poder Legislativo (vereadores e deputados, por exemplo).

p. 112 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Estrutura etária de uma população

Sobre a estratégia:

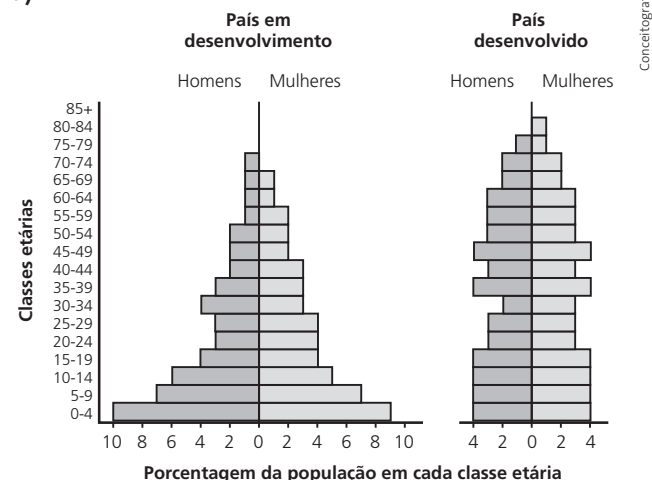
Um problema básico nesta atividade é a construção do gráfico. Os estudantes já tiveram oportunidade de tra-

çar esse tipo de representação quando produziram pirâmides de números e de biomassa. No caso das pirâmides etárias, entretanto, os valores representados à esquerda e à direita do eixo vertical central não são as metades dos valores, e sim números referentes a dois grupos distintos: o dos homens e o das mulheres. Isso faz com que, ao contrário das pirâmides de números e de biomassa, as pirâmides etárias possam não ser simétricas.

Outro aspecto é que talvez os estudantes tenham certa dificuldade de perceber que os indivíduos enquadrados atualmente em uma certa faixa etária, dentro de alguns anos já estarão na faixa etária seguinte, e assim por diante. Se ocorre, por exemplo, grande mortalidade entre os 4 e os 9 anos, então há um estreitamento acentuado da primeira para a segunda classe.

O que se espera:

a)



- b) Na pirâmide referente ao país em desenvolvimento, ocorre uma mortalidade maior nas classes etárias jovens, entre 0 e 20 anos. Na referente ao país desenvolvido, a perda de indivíduos concentra-se em faixas etárias acima dos 60 anos.
- c) Deveria ter a base mais estreita, mostrando que não há jovens suficientes para substituir os indivíduos mais velhos que vão morrendo.

Atividade 2: Fatores que determinam variações do tamanho populacional

Sobre a estratégia:

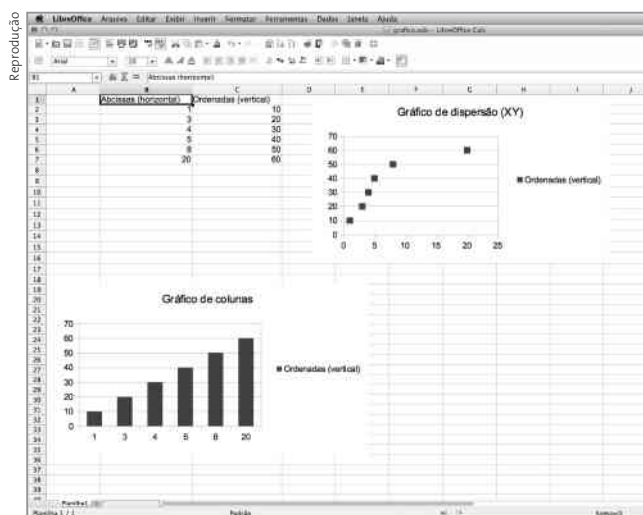
Esta atividade explora algumas habilidades matemáticas. No item **b**, quando informamos que cada sapo come um gafanhoto a cada 5 dias, estamos apresentando a taxa predatória por indivíduo predador (número de presas abatidas por predador e por intervalo de tempo – taxa de mortalidade dos gafanhotos). No item **c**, temos apenas uma conversão de unidades, mudando a escala de tempo. No item **d**, o estudante terá de combinar duas taxas a fim de obter a taxa de crescimento populacional resultante (se o valor é negativo, a população está se reduzindo, podendo extinguir-se após determinado tempo).

Se desejar aprofundar a abordagem matemática dessa atividade, proponha aos estudantes um desafio: Em uma curva representando o tamanho de uma população ao longo do tempo, qual é a característica que representa a taxa de crescimento populacional? Como essa característica varia ao longo do tempo no caso da curva do potencial biótico? E na do crescimento populacional real?

Procuramos nesta atividade familiarizar os estudantes com a dinâmica de populações. A compreensão do que acontece com o tamanho de uma população ao longo do tempo depende da integração de taxas de acréscimo (natalidade e imigração) e taxas de decréscimo (mortalidade e emigração) do número de indivíduos. É interessante explicar que variações por unidade de tempo são chamadas taxas.

Além disso, você, professor(a), pode estender a atividade introduzindo outros fatores, como uma serpente que come sapos com determinada taxa, e solicitar uma previsão de como ficariam as populações de sapos e gafanhotos ao longo do tempo.

Outra expansão da atividade pode ser o uso de ferramentas digitais. Os estudantes podem preparar duas tabelas, uma nas condições dos itens **a** e **b**, e outra nas condições do item **d**. Nos dois casos, contam-se os números de gafanhotos dia a dia, até completar 50 dias ou até a população de gafanhotos se extinguir. O(A) professor(a) pode impor condições novas: um exemplo é alterar o número de sapos, introduzindo a imigração ou emigração de alguns indivíduos em determinados períodos ou momentos. Com base nas tabelas assim produzidas, eles poderão conhecer um novo tipo de gráfico – o gráfico de dispersão XY, o qual difere dos gráficos de barras já aprendidos: a escala do eixo X, em vez de representar categorias como nesses últimos, representa uma escala efetivamente numérica. Você pode notar claramente a diferença observando a figura a seguir, na qual se nota que os valores 1, 3, 4, 5, 8 e 20 ficam equidistantes um do outro no gráfico de colunas. Isso porque esses números não entram como valores e sim como nomes de categorias.



O que se espera:

- Tamanho das populações: sapos, 6 indivíduos; gafanhotos, 25 indivíduos. Densidade populacional: sapos, 0,1 indivíduo por m^2 ; gafanhotos, 0,42 indivíduo por m^2 .
- Sendo 6 os sapos, a cada 5 dias a população de gafanhotos perde 6 indivíduos. Sendo assim, a população de gafanhotos perde 12 indivíduos em 10 dias. Como a população inicial de gafanhotos tem 25 indivíduos, o tamanho final será de 13 indivíduos e a densidade será de 13 indivíduos por 60 m^2 , ou aproximadamente 0,22 indivíduo por m^2 .
- Seriam 12 os gafanhotos mortos em 10 dias, ou seja, 1,2 morto por dia. Com essa taxa, o número de dias para desaparecerem 25 indivíduos será 25/1,2, ou seja, aproximadamente 21 dias.
- Se a taxa de mortalidade dos gafanhotos é 1,2 indivíduo por dia e a taxa de imigração é de 2 indivíduos por dia, então o acréscimo de indivíduos supera a perda diária, e a população deverá crescer. O ritmo de crescimento será 2 – 1,2, ou seja, 0,8 indivíduo por dia, em média.
- Como já existem 25 gafanhotos no início da observação, para chegar a 50 gafanhotos devem ser incorporados mais 25. Como a taxa de acréscimo é 0,8 indivíduo por dia, então levará cerca de 32 dias para a população atingir a capacidade de suporte do meio (50 indivíduos).

Atividade 3: Reconhecendo tipos de interação a partir de gráficos de crescimento populacional

Sobre a estratégia:

Aqui, você pode trabalhar o fato de que a exclusão competitiva só ocorre quando é muito grande a superposição dos nichos ecológicos das espécies envolvidas. Quando essa superposição é menor, há recursos explorados de modo mais eficiente ou de forma exclusiva para cada uma das espécies, e nenhuma delas fica totalmente desprovida. Podemos imaginar duas espécies que se alimentam dos itens **A** e **B**, só que uma delas é mais eficiente para explorar **A**, embora também utilize **B**, enquanto a outra é mais eficiente no uso de **B**, embora também use **A**. Esse é um cenário que conduz à coexistência, embora ainda possa haver certo grau de competição.

Para facilitar a interpretação, propositadamente deixamos os gráficos na mesma escala, exceto o último (como um alerta). Os estudantes devem ser instruídos para verificar as escalas quando compararem gráficos.

O que se espera:

- P. aurelia*: cerca de 200 indivíduos; *P. caudatum*: cerca de 200 indivíduos; *P. bursaria*: cerca de 130 indivíduos.
- Paramecium bursaria*. Para chegar a essa conclusão, basta observar a inclinação inicial da curva, que nessa espécie é menor que nas outras.
- Não. Como a capacidade de suporte é semelhante para as duas espécies em separado, quando as populações são postas juntas, a mesma capacidade agora suporta as duas populações e, portanto, cada uma delas não consegue crescer tanto. A interação é do tipo competição, já que as duas populações utilizam o mesmo

recurso e são prejudicadas, não conseguindo crescer tanto quanto cresceriam se separadas uma da outra.

- d) A população de *P. caudatum* está se extinguindo. Constatada-se a validade do princípio de exclusão competitiva de Gause.
- e) Seria *P. aurelia*, pois foi a espécie que conseguiu manter-se no ambiente, ao contrário de *P. caudatum*.
- f) De novo é a competição. Nenhuma das populações chega a atingir o tamanho que atingiria se fosse a única no ambiente.
- g) Como os indivíduos das duas populações alimentam-se preferencialmente de itens diferentes, então a competição entre eles é menos intensa e por isso nenhuma das populações se extingue.

CAPÍTULO 6

■ Alterações ambientais

Este capítulo finaliza a unidade de Ecologia e analisa a intervenção humana no meio ambiente. Além de interagir com seu conteúdo, os estudantes devem ser estimulados a pesquisar fatos recentes divulgados nos meios de comunicação, de forma que se atualizem com os acontecimentos relacionados ao meio ambiente, e se conscientizem de que o planeta, como um todo, é afetado direta e indiretamente pela exploração excessiva de seus recursos.

A expectativa é que, após todas as noções recebidas, os estudantes formem-se como cidadãos conscientes e esclarecidos, aptos a tomar decisões com bom senso e que participem ativamente dos complexos processos de preservação da vida na Terra.

Seria importante destacar que este capítulo não apenas trata de problemas, mas aponta algumas possíveis soluções.

Abordamos no capítulo o peixe-boi como um exemplo real de mamífero que ocorre no Brasil e que está em risco de extinção, mas que tem sido objeto de projeto de preservação. O projeto Tamar é outro exemplo, mas voltado para tartarugas marinhas. Há outros animais e plantas sob risco de extinção, mas que não fazem parte de projetos de conservação.

Abaixo sugerimos dois *links* que podem ser interessantes para complementação do tema espécies exóticas, abordado no texto “O caramujo gigante africano” (p. 118):

- Espécies exóticas invasoras que afetam a saúde humana, de Marcia Chame. Disponível em: <<http://cienciaecultura.bvs.br/pdf/cic/v61n1/a13v61n1.pdf>>.

- Peixes de aquário: animais de estimação ou pestes?, de André de Magalhães, Newton Barbosa e Claudia Jacobi. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2009/266/peixes-de-aquario-animais-de-estimacao-ou-pestes>>.

Acessos em: mar. 2016.

Como complemento ao texto “Controle de pragas por feromônios” (p. 128) pode ser indicado para os estudantes o *site* da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia: <<http://www.uesb.br/entomologia/ferom.html>>. Acesso em: mar. 2016.

Sugerimos que, após a leitura do texto “Os 17 objetivos para transformar o nosso mundo” (p. 132), você proponha aos estudantes uma pesquisa. Tomando como ponto de partida os endereços eletrônicos disponíveis no final do texto, eles deverão formar duplas ou grupos maiores e pesquisar mais detalhes sobre cada um dos objetivos elencados. Cada dupla ficará responsável pelo aprofundamento de um dos objetivos, buscando informações atualizadas.

O texto “Terras indígenas no Brasil” (p. 136) merece especial atenção: além de abordar um tema que envolve não só os direitos dos indígenas à manutenção de suas terras e de sua cultura (em sua multiplicidade de manifestações), toca também em questões políticas, sociais e ambientais. Enfatize aos estudantes que a preservação das terras e da cultura indígena deve ser um compromisso de toda a sociedade, como forma de preservar sua própria história.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 137 – Tema para discussão

Onda de rejeitos da Samarco atingiu 663 km de rios e devastou 1 469 hectares de terras

Esse **Tema para discussão** aborda uma catástrofe socioambiental de grande repercussão, em nível mundial, à época da edição desta obra: o rompimento de barragem de uma mineradora, em Mariana (MG), no fim de 2015. O ocorrido levantou debates acalorados em relação às responsabilidades pelos danos causados ao ambiente e às populações residentes na região.

A cidade de Mariana foi a primeira capital do estado de Minas Gerais. Com cerca de 60 mil habitantes, tem como principal fonte de divisas a exploração de seus recursos naturais (minérios). Por ocasião do rompimento da barragem, a empresa já operava na região havia quase quarenta anos. Ao longo desse tempo, a ausência de diversificação da economia fez com que o município se tornasse praticamente dependente dos recursos provenientes tanto da Samarco como da Vale do Rio Doce, proprietária da primeira e também com operações na região. Essa dependência econômica justifica, em grande medida, uma postura favorável à empresa por parte da população local, o que causou perplexidade tanto de analistas socioambientais como da opinião pública.

As atividades propostas no **Tema para discussão** envolvem a seleção de informações do texto e a pesquisa de informações atualizadas acerca da catástrofe. Que ações foram efetivamente tomadas? Como se deu a atuação da empresa tanto em nível ambiental quanto social? Qual o

impacto, ao longo do tempo, sofrido pela população no que diz respeito à economia e à oferta de emprego? A atividade 2 constitui em especial uma oportunidade de apresentar aos estudantes a complexidade dos fatos. Caso haja interesse por parte da turma, você poderá propor que a discussão seja organizada como dramatização, com representantes da população, da empresa, dos órgãos de fiscalização, das autoridades competentes e da mídia.

Respostas esperadas:

1. Houve danos aos corpos de água (o rio Doce e seus afluentes), à vegetação e a áreas de preservação, morte de inúmeros animais, tanto domésticos como silvestres, danos patrimoniais, morte de pessoas, deslocamento de comunidades inteiras, contaminação das águas de consumo, interrupção do fornecimento de energia, interrupção da geração de receita, entre outros prejuízos.
2. As informações obtidas dependerão da evolução dos acontecimentos. Estimule seus educandos a se envolverem na pesquisa e na discussão como sugerido nos comentários anteriores sobre o **Tema para discussão**.

p. 139 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Risco de extinção de espécies

Sobre a estratégia:

Essa atividade pode ser muito enriquecedora ao conhecimento geral dos estudantes por trazer informações sobre práticas envolvidas na conservação da biodiversidade. Em um primeiro momento, retome com eles a temática da elaboração das Listas Vermelhas (abordada no texto da p. 120) e, após isso, as medidas necessárias à conservação de uma espécie considerada ameaçada de extinção, utilizando estudos sobre uma população de onça-pintada da Mata Atlântica como exemplo.

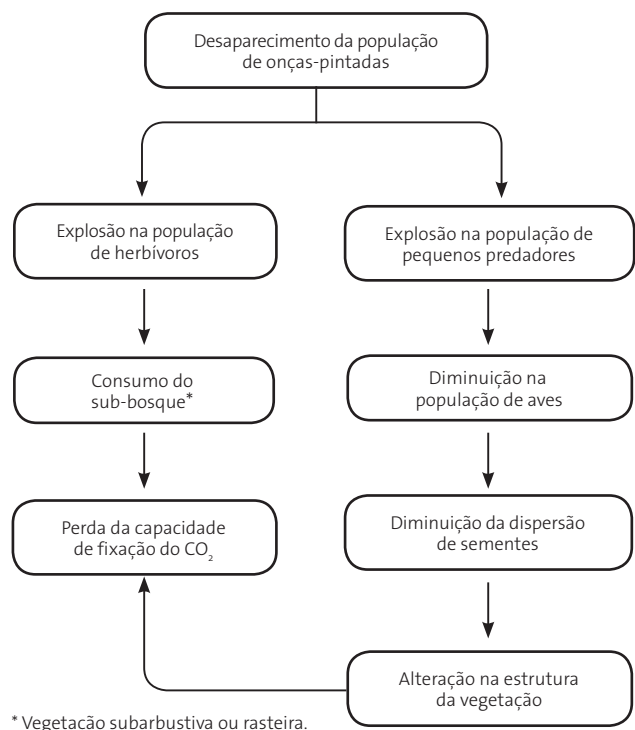
As Listas Vermelhas são de grande importância para a pesquisa em conservação da biodiversidade, pois nelas constam as espécies consideradas ameaçadas e que, portanto, devem receber um cuidado maior das políticas conservacionistas. Seria interessante discutir com os estudantes a polêmica envolvida entre a elaboração das Listas Vermelhas e a criação de novas áreas de proteção em locais de interesse econômico. Isto é, expor os conflitos de interesse que existem entre aqueles que defendem que uma determinada área seja protegida, pela ocorrência de espécies ameaçadas, *versus* aqueles que utilizam os recursos naturais dessa mesma área para fins econômicos. Assim, ao mesmo tempo em que a exploração econômica da área poderia levar ao agravamento da situação de ameaça de extinção de algumas espécies, a criação de uma unidade de conservação que envolva essa área seria extremamente inconveniente àqueles que utilizam seus recursos naturais. Podemos ver, portanto, que as Listas Vermelhas desempenham um papel pivô nessa disputa.

É também fundamental que os estudantes compreendam a necessidade de conservar o máximo da biodiversidade que temos hoje. Para isso, pode-se utilizar do segundo item da atividade: a relação que as populações têm com o ambiente e com os demais seres que compõem a teia alimentar local. Fica claro, nas discussões sobre esse item, que o desaparecimento de uma população de onças-pintadas acarretaria na perda do equilíbrio ecológico da região. Dessa maneira, pode-se entender a razão que leva tantos pesquisadores a investir esforços não só em aplicar as medidas conservacionistas mencionadas no texto, mas também em pesquisar cada vez mais a fundo aspectos biológicos das espécies ameaçadas.

Como forma de enriquecer a atividade, proponha aos estudantes retomarem o item 6.1 do capítulo, “Unidades de conservação” (p. 134), e, a partir dele, fazerem uma pesquisa a respeito dos tipos de UC (Unidades de Conservação) existentes no estado em que residem, com seus nomes e classificação com relação à intervenção humana. A ênfase que estamos dando ao tema tem por objetivo fazer com que o estudante compreenda qual é o papel do governo na conservação da biodiversidade, o que contribuirá na sua formação como cidadão. Pode ser enriquecedor, ainda, que eles busquem informações sobre a importância das UC na proteção às espécies ameaçadas.

O que se espera:

- a) Os pesquisadores defendem o posicionamento de que a onça-pintada pode desaparecer da Mata Atlântica utilizando dois dados: o tamanho total da população, isto é, a quantidade de indivíduos maduros, capazes de se reproduzir (no caso das onças-pintadas, 250 animais) e a pequena proporção de indivíduos em idade reprodutiva.
- b) Essa resposta pode ser dada em forma de esquema:



- c) A conscientização da população humana local é fundamental para impedir que as onças-pintadas continuem desaparecendo, já que uma das principais causas desse desaparecimento é a caça. Para que qualquer medida de recuperação seja efetiva, é necessário que a população de onças-pintadas pare de decrescer. Assim, as pessoas que moram próximas às populações de onças precisam ter consciência da importância de se manter os animais nos locais. Há menção no texto à ações de conscientização.

Atividade 2: Autodepuração em rio

Sobre a estratégia:

Nessa atividade você pode recordar as etapas do ciclo do nitrogênio (estudadas no capítulo 4) e a participação das bactérias heterotróficas, ou heterótrofas (amoni-ficantes) e autotróficas, ou autótrofas (nitrificantes). É aconselhável discutir com os estudantes o fato de poder-mos ver, ao longo do curso do rio, eventos que se sucedem da mesma forma quando observados em um só local, mas ao longo do tempo.

No gráfico **B**, é interessante associar as curvas de amônia, nitrito e nitrato ao florescimento, em sequência, das bactérias que produzem cada um desses compostos: heterotróficas amonificantes, autotróficas nitrosantes (*Nitrosomonas*) e autotróficas produtoras de nitratos (*Nitrobacter*). A parte fundamental do ciclo do nitrogênio pode ser reconhecida aqui.

Finalmente, considerando o gráfico **C**, você pode res-gatar conceitos da dinâmica populacional. A comunida-de de bactérias floresce até se esgotarem os recursos e entrar em colapso, enquanto a de algas, considerada como se fosse uma grande população, tem crescimento praticamente logarítmico limitado pela disponibilidade de NO_3^- .

O que se espera:

- a) O imediato aumento da DBO indica a incorporação de uma massa orgânica no ponto de descarga, a qual vai sendo decomposta por bactérias às custas de consumo de oxigênio, cujo teor diminui. À medida que a DBO volta ao normal registrado antes do ponto de descarga de esgoto, o teor de O_2 também se normaliza, evidenciando a depuração.
- b) Aumento no teor de NO_3^- (nitrato) na água após o trecho em que ocorre a autodepuração. Essa concentração, sendo alta o suficiente, abriria caminho para o hiperflo-rescimento de algas e a estagnação do ambiente.
- c) Há aumento no número de bactérias envolvidas na decomposição inicial: bactérias heterotróficas que consomem matéria orgânica liberando amônia (NH_3). Mais adiante, somam-se a elas as bactérias (autotrófi-cas) que convertem a amônia nas formas mais oxida-das de nitrogênio: NO_2^- e NO_3^- .
- d) Pelos gráficos **B** e **C**, vemos que as algas aumentam sua abundância junto com o incremento do teor de nitrato (a água está mais fértil). Esse nutriente, antes

limitante da produção primária, agora estimula a pro-liferação de algas.

- e) Para configurar-se eutroficação nesse trecho do rio, a quantidade de matéria orgânica descarregada deveria ser grande a ponto de levar a um aumento bem maior do teor de nitratos e das algas, mantendo DBO alta e teor de O_2 muito baixo em todo o trecho do rio.

Atividade 3: Efeito estufa – o metano

Sobre a estratégia:

Embora o grande vilão entre os gases causadores do efeito estufa seja o CO_2 , é importantíssimo não subesti-mar o metano (CH_4).

O texto aborda os depósitos de metano congelado (hidrato de metano) nos assoalhos submarinos, trazen-do informação sobre a importância relativa de cada fon-te natural ou antropogênica no conjunto das emissões atuais.

Em seguida, o estudante é convidado a ler um texto que enfatiza a liberação de metano por derretimento de *permafrost*, camada de gelo antiga que cobre lagos e solos antes ricos em vida. O objetivo é levar o estudante a integrar informações sobre diferentes aspectos de um mesmo problema, visando formar uma só visão, mais ampla, de um problema sério e atual. Ao mesmo tempo, propicia-se a ele a possibilidade de integrar o novo conhe-cimento à sua malha cognitiva ao estabelecer uma rela-ção com o que foi visto no capítulo.

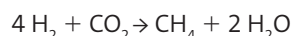
Há termos que talvez devam ser explicados para os estudantes, ou pesquisados por eles em livros ou *sites* confiáveis na internet, como *permafrost*. Localizar as re-giões tratadas nos textos em um mapa-múndi seria mui-to conveniente também.

O metabolismo metanogênico é realizado por orga-nismos procariontes anaeróbios (arqueas metanogê-nicas), usando como matérias-primas principalmente ácido acético ou gás carbônico (CO_2) e hidrogênio (H_2), e liberando carbono na forma de metano (CH_4) e/ou CO_2 . As equações dos processos mais comuns podem ser apre-sentadas assim:

metanogênese acetotrófica



metanogênese hidrogenotrófica

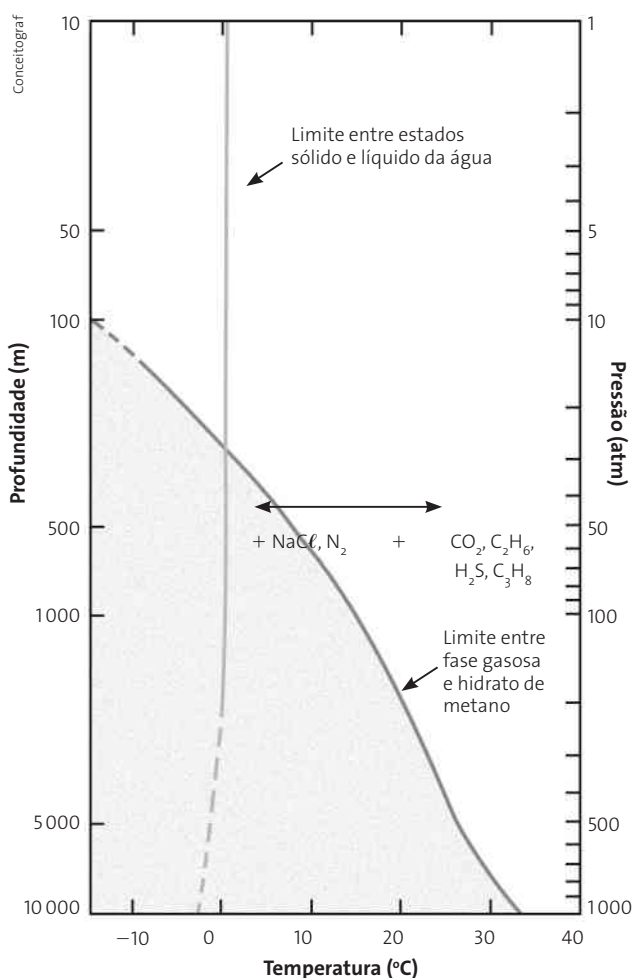


Ao longo da decomposição da matéria orgânica, di-versos tipos de microrganismos se sucedem, entre eles os que produzem o ácido acético (acetogênicos) e o CO_2 , compostos que podem ser usados pelos metanogênicos. A produção de metano é, portanto, inerente à decom-po-sição da matéria orgânica em meio anóxico – se não fosse o processo metanogênico, muito material orgânico fica-ria permanentemente retido em meios desprovidos de gás oxigênio. Com a metanogênese, nesses ambientes, o

carbono pode voltar à atmosfera e ser reincorporado aos ecossistemas.

Estabelecer com os estudantes a importância da proliferação de microrganismos metanogênicos para a degradação de restos orgânicos com produção de biogás e adubo (em biodigestores) é relevante, pois aí está uma importante alternativa de sustentabilidade. Essa discussão poderia levar até mesmo a uma pesquisa sobre como se fazem e como funcionam biodigestores de pequeno porte, de construção caseira.

Do ponto de vista ambiental, uma boa ideia seria discutir a expressão “bomba relógio de metano”. Para isso, o estudante pode utilizar o diagrama a seguir para obter informações. Essa abordagem integra a Física (mudanças de estado) com a Biologia (produção biológica de metano) e com a Geologia (alterações dos fundos oceânicos).



Esse diagrama de fases do metano mostra em que estado ele se encontra a cada combinação de pressão (determinada pela profundidade em que está o material, inclusive soterrado pelo fundo do oceano) e temperatura. Também aparece o efeito da dissolução de NaCl (cloreto

de sódio) na água, o que permite imaginar o fenômeno na água do mar, e de CO₂. A região escura corresponde ao metano “congelado” (hidrato de metano). Uma vez no estado gasoso, pode ficar retido no gelo ou dissolver-se na água e daí escapar para a atmosfera. A interpretação do diagrama é simples. Por exemplo, em água pura, a 500 metros de profundidade (50 atmosferas de pressão), se a temperatura passar de 10 °C, o hidrato de metano vira gás. No caso da água salgada (NaCl), a curva desloca-se para a esquerda e aí o metano borbulha a menos de 10 °C na mesma profundidade. As mudanças de estado podem ser bastante bruscas. Pequenas variações de pressão/temperatura próximas aos valores críticos podem ser suficientes para ocorrer a liberação do gás.

Ao final da atividade, espera-se que os estudantes tenham expandido sua compreensão sobre o fenômeno do aquecimento global, habilitando-se para dimensionar com mais realismo a importância relativa de suas causas.

Uma tarefa adicional, em ambiente digital, seria concatenar uma pesquisa sobre projetos de construção de biodigestores caseiros com o planejamento da construção de uma unidade domiciliar escolhida entre aquelas que vieram da pesquisa, incluindo-se aí o desenho do projeto de construção, a listagem de todos os componentes e o orçamento de componentes, materiais e serviços (usando os recursos do *Paint*, do editor de texto – texto e tabelas, e da planilha – orçamento).

O que se espera:

- Por vários motivos: em primeiro lugar ele é 20 vezes mais eficiente do que o CO₂ no que se refere à absorção de calor. Além disso, ao contrário do que ocorre no caso do CO₂, pode haver liberação acelerada ou mesmo explosiva desse gás como resultado de fenômenos puramente naturais, ou de um aquecimento ambiental inicial provocado pelas atividades humanas. Tal liberação agrava o efeito estufa aumentando a intensidade do aquecimento que, por sua vez, acelera a própria liberação do gás.
- Dentre as fontes relacionadas à ação humana, temos a pecuária (formação no sistema digestório dos ruminantes e liberação na forma de flatulência), terrenos alagados para plantio de arroz, aterros sanitários, minas de carvão mineral e produção de gás.
- Se as reservas de metano realmente superam as de carvão mineral no mundo, e sendo o metano muito mais ativo no efeito estufa, um desequilíbrio ambiental no Ártico poderia ter impacto mais sério do que a extração e consumo de carvão mineral na China. O CO₂ liberado pela queima de carvão mineral poderia provocar um aquecimento global inicial, que, aquecendo a atmosfera e a água dos oceanos, desencadearia o borbulhamento do metano do Ártico, iniciando uma fase de aquecimento global com retroalimentação positiva.

CAPÍTULO 7

■ Das origens aos dias de hoje

Neste primeiro capítulo da unidade 2, levantam-se as principais hipóteses para explicar a origem dos seres vivos, chegando aos experimentos de Pasteur que colaboraram para a aceitação de que, nas condições atuais da Terra, seres vivos originam-se apenas de outros seres vivos. Então, se é assim, nos ocorre a seguinte pergunta: Como surgiu o primeiro ser vivo na Terra?

Apresentamos três possibilidades de resposta: origem extraterrestre, origem por evolução química e origem por processos nas fontes termais submarinas. Essa última é a que apresenta mais evidências experimentais, sendo abordada mais detalhadamente.

A hipótese da panspermia cósmica ganhou força como uma das possibilidades de chegada de matéria orgânica (não de seres vivos) ao nosso planeta.

Aqui recomendamos a seguinte leitura do texto sobre a origem da vida:

- DAMINELI, Augusto; DAMINELI, Daniel Santa Cruz. Origens da vida. *Revista Estudos Avançados*, 21 (59), 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ea/v21n59/a21v2159.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

Recomendamos também que explore os sites:

- <http://www.astrobiobrasil.org/index.php/pt_br> do Núcleo de Pesquisa em Astrobiologia da Universidade de São Paulo.
- <<http://www.observatorio.iag.usp.br/index.php/mppesq/astrobio.html>>, do Observatório Abrahão de Moraes, da Universidade de São Paulo.

Acessos em: mar. 2016.

A intenção principal do capítulo é dar uma visão geral de evolução da vida e de um assunto estreitamente ligado a ela: a evolução da célula. Dessa forma, discute-se a provável evolução das vias metabólicas nos seres vivos, por meio das hipóteses heterotrófica, mais tradicional, e autotrófica, que vem ganhando espaço nesse tema polê-

mico. Apresentam-se, então, de forma geral, a origem e a evolução da célula e a evolução dos seres vivos ao longo dos períodos geológicos.

O infográfico “O tempo geológico da Terra” (p. 160), servirá para que os estudantes tenham noção do tempo evolutivo e em quais momentos os principais grupos de seres vivos apareceram ou desapareceram. Deve-se salientar que as datas que delimitam cada período geológico variam nas diversas fontes de consulta; servem apenas como referência temporal, e, portanto, não devem ser memorizadas pelos estudantes. É importante que se identifiquem no infográfico os períodos geológicos de extinção em massa de espécies devido a fatores ambientais, relacionando-os com a atualidade e com as extinções ocorridas pela interferência do ser humano.

Proponha uma pesquisa sobre espécies em vias de extinção no Brasil e no mundo, reforçando o significado das intrincadas relações entre os seres vivos e o ambiente, além do entendimento sobre as contínuas transformações da Terra. Esses conhecimentos contribuem para a formação dos estudantes como cidadãos conscientes.

Uma boa proposta de atividade com linha do tempo pode ser executada nesse momento, em que se pontua o surgimento do ser humano e sua evolução. A evolução humana será tratada no volume 3 da coleção. Destaque que somos cada vez mais responsáveis pela preservação da vida.

Ao tratar sobre as contribuições de Louis Pasteur para a ciência, você poderá propor aos educandos uma pesquisa sobre a vida desse pesquisador e sobre o processo de pasteurização. Incentive-os a investigar quais dos alimentos que eles têm em casa passaram por pasteurização.

O texto “Será que estamos sozinhos no Universo?” (p. 150) tem como intenção levantar a dúvida nos estudantes com base em estimativas probabilísticas de ocorrência de vida fora da Terra. Nada ainda foi encontrado em estudos científicos que comprove a existência de vida, mas há dados consistentes de que a matéria orgânica simples é mais comum no espaço do que se achava antigamente. Além disso, há cada vez mais evidências de que parte da água que bebemos veio por meio de cometas. Assim, podemos estar bebendo água que veio do espaço.

Quando se fala em história da ciência, sempre são lembrados alguns dos episódios mais marcantes, como o que é descrito no texto “Uma injustiça histórica” (p. 159). As ideias de Wegener, hoje aceitas e complementadas com conhecimentos mais recentes, foram ridicularizadas por seus colegas da época. Acharmos relevante comentar isso com os estudantes, para que percebam que uma ideia que é apresentada e rejeitada por uma comunidade científica não necessariamente está errada. Ela precisa ser testada mais vezes para ser corroborada ou realmente descartada.

■ Orientações sobre os boxes

Despertando ideias

p. 146 – “Bicho da goiaba, goiaba é!”

A partir de um ditado popular, pretende-se estimular os estudantes a levantar hipóteses, tomando por base dois paradigmas distintos: o da abiogênese e o da biogênese. Com base nesses paradigmas, eles devem elaborar propostas de experimentos para testar hipóteses, antes mesmo de tomar conhecimento dos experimentos realizados historicamente sobre o assunto. A intenção é levá-los a entender que paradigmas interferem nas hipóteses que são levantadas. Pretende-se, também, reforçar a metodologia científica a partir do problema levantado. Seria interessante uma discussão na classe sobre os experimentos propostos pelos estudantes.

p. 156 – Por que tantas membranas internas?

Antes de prosseguir com o tema evolução da célula eucariótica, procura-se instigar os estudantes a pensar sobre a questão proposta, usando ferramentas matemáticas. Pretende-se que eles concluam que, quanto maior a área, menor a relação entre área superficial e volume, pois o aumento de volume de um corpo é proporcionalmente maior que o aumento de sua superfície. A área aumenta com o quadrado da dimensão e o volume aumenta com o cubo. Em termos evolutivos, os sistemas que permaneceram por seleção natural foram os que propiciaram adequada relação superfície-volume em relação aos processos de troca célula/meio. Entender essa relação é fundamental para se falar em evolução das células eucarióticas, que são maiores e mais volumosas que as procarióticas (na imensa maioria dos casos) e que mantêm adequada área de troca com o meio em função do surgimento de dobramentos da membrana formando as organelas membranosas (exceto mitocôndria e cloroplasto, que serão analisadas depois, quando abordarmos endossimbiose).

Respostas das questões:

1. Incentive os estudantes a montar uma tabela para a apresentação desses dados.

Veja a sugestão a seguir:

	Área	Volume	Relação A/V
Cubo 1 (aresta = 1 cm)	6 cm ²	1 cm ³	6/1 = 6:1
Cubo 2 (aresta = 2 cm)	24 cm ²	8 cm ³	24/8 = 3:1
Cubo 3 (aresta = 3 cm)	54 cm ²	27 cm ³	54/27 = 2:1

2. A área superficial não aumenta na mesma proporção que o volume. O aumento da área superficial gera cubos com menor relação entre área superficial/volume.
3. Considerando que os materiais necessários para as reações biológicas intracelulares devem entrar na célula e sair dela passando através da membrana plasmática que reveste toda a superfície celular, e considerando que muitas reações importantes ocorrem associadas às membranas, o aumento no volume celular requer aumento na superfície das membranas.

As células procarióticas apresentam área superficial adequada em relação ao volume. Já as células eucarióticas mantêm essa relação graças a um aumento suplementar da área superficial decorrente de elaboradas invaginações e evaginações de sua membrana, originando as diferentes estruturas membranosas do citoplasma, com exceção das mitocôndrias e dos cloroplastos.

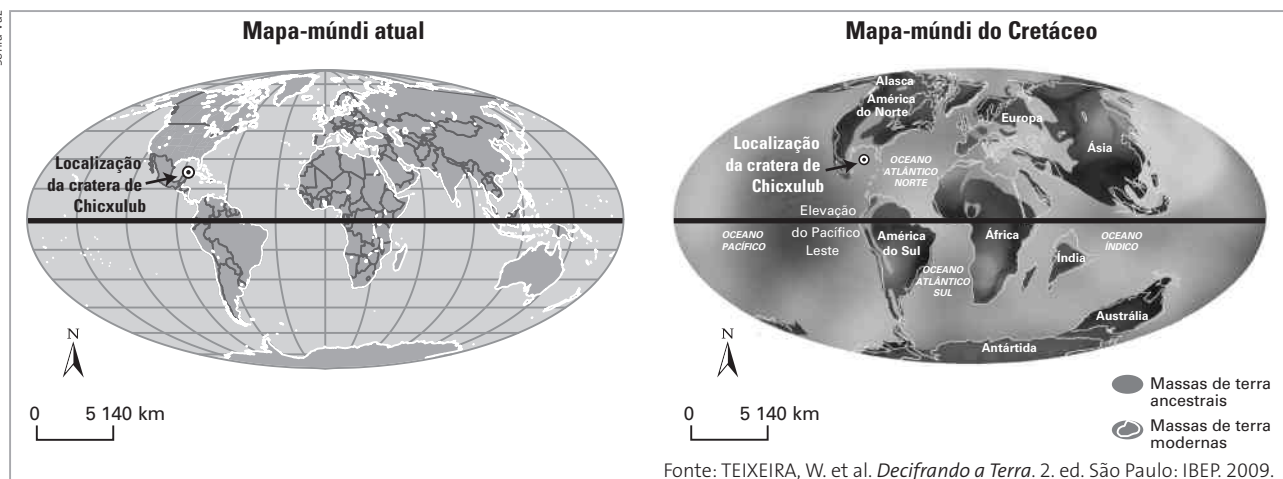
■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 162 – Tema para discussão

Por que os dinossauros foram extintos?

Esse é um assunto que sempre desperta muito a atenção dos estudantes e das pessoas em geral. Optamos por destacá-lo, pois ele permite explorar diferentes temas, por exemplo: as hipóteses mudam ao longo do tempo; por mais que se estude, ainda não temos todas as respostas para todas as perguntas; a ciência é dinâmica; nosso planeta é dinâmico. Das várias possibilidades de trabalho com o tema, sugerimos a você fazer uma integração com Geografia e explorar o uso de mapas, relacionando com a teoria de tectônica de placas, sempre lembrando que se trata de uma narrativa histórica. Os estudantes poderão comparar o local onde caiu o cometa no Cretáceo com a localização da cratera nos dias de hoje. Em função da movimentação das placas litosféricas, essa cratera não se encontra mais nas mesmas coordenadas do período da queda.

Veja as figuras a seguir, mostrando mapas-múndi atual e do Cretáceo (provável):



A espessa linha horizontal marca a linha do equador em cada um dos mapas. Note que o ponto de impacto do cometa, na época da queda, estava mais ao norte. Para auxiliar os estudantes na compreensão dessa dinâmica, você poderá recorrer a um atlas que apresente o processo de formação dos continentes. Sugerimos o *Atlas Escolar IBGE*, que pode ser consultado em sua versão impressa ou, melhor ainda, na versão para internet, que disponibiliza uma animação simples e didática: <<http://atlasescolar.ibge.gov.br/a-terra/formacao-dos-continentes>>. Acesso em: mar. 2016.

Resposta esperada:

- Para a pesquisa acerca dos cinco grandes eventos de extinção em massa, os estudantes poderão usar como ponto de partida o próprio infográfico já apresentado no capítulo, complementando as informações com fontes confiáveis na internet.
- Quanto ao segundo tema de pesquisa (o que vem a ser o “sexto evento de extinção em massa”), sugerimos a você a leitura do seguinte artigo da revista *Ciência Hoje*: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/cacadores-de-fosseis/a-caminho-de-uma-extincao-em-massa>> (acesso em: mar. 2016). Além de fornecer informações sobre o estudo que originou a ideia de que estamos próximos de uma sexta extinção em massa, o artigo menciona também as limitações com que os pesquisadores depararam.

Acompanhe a pesquisa dos educandos procurando garantir a qualidade das fontes consultadas, a fim de que eles não fiquem com uma visão distorcida ou catastrofista da discussão. Essa preocupação com a qualidade das fontes está, aliás, explicitada na própria atividade. Mais do que levar a uma conclusão sobre a consistência ou não das teses da sexta extinção, o objetivo da pesquisa é fornecer aos educandos mais um exemplo da ciência como um processo dinâmico.

p. 164 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Hipóteses sobre a origem da matéria orgânica constituinte dos primeiros seres vivos

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, cabe incentivar o reconhecimento das bases das hipóteses sobre origem da vida estudadas no capítulo, nas descrições de processos naturais que constituem evidências que as fundamentam.

Você pode discutir com os estudantes se os textos apresentam argumentos suficientes sobre a origem da vida. Note que os dois tratam da origem de moléculas orgânicas complexas, ou seja, da base da vida: ambos se encerram com o surgimento de moléculas orgânicas e não dos primeiros seres vivos. O aparecimento das primeiras células não é mencionado.

O que se espera:

- a) O primeiro texto enquadra-se melhor na teoria da origem da vida pela evolução química. Esta propõe a formação de macromoléculas características de seres vivos a partir de reações químicas entre elementos do meio abiótico, possibilitadas pela energia fornecida pelas descargas elétricas dos relâmpagos e pela luz solar. Tais moléculas se combinariam passando a integrar umas com as outras até ser atingido um estágio suficiente de complexidade a ponto de podermos falar em unidades vivas. Os destaques são:

A energia proveniente de descargas elétricas (relâmpagos) e da luz solar (principalmente de alta energia, como a luz ultravioleta) poderia permitir a ocorrência de reações químicas que produziram vários compostos intermediários importantes para a formação de moléculas orgânicas mais complexas que se acumulariam no oceano primitivo.

- b) O segundo texto refere-se à hipótese da panspermia, em que as moléculas orgânicas essenciais para a vida teriam surgido fora da Terra e chegado à superfície terrestre por cometas e meteoritos. Seguem-se os destaques.

Outra sugestão interessante é a proposta por Juan Oró (1961), na qual ele considera que a presença de matéria orgânica em meteoritos não só comprova sua origem abiótica como também sugere que o bombardeamento da Terra com meteoros e cometas trouxe vários dos componentes necessários para a origem da vida.

Atividade 2: Evolução do metabolismo e o teor de oxigênio na atmosfera

Sobre a estratégia:

O ponto mais importante desta atividade é levar o estudante a reconhecer a correlação entre a evolução do metabolismo celular e o teor de gás oxigênio da atmosfera. O fato de características metabólicas dos seres vivos serem a causa de mudanças globais na composição atmosférica é um exemplo da integração entre fatores bióticos e abióticos na biosfera.

As épocas em que estão situados os eventos são estimadas. Tais estimativas modificam-se com novos estudos e novos métodos, daí haver uma série de discordâncias dependendo da fonte utilizada. A escala temporal também afeta o que pode ser observado no gráfico.

O que se espera:

- O gás oxigênio começou a se acumular na atmosfera depois de cerca de 500 milhões de anos do surgimento provável das células procarióticas fotossintetizantes. Estabilizou-se entre cerca de 2,8 e 2,2 bilhões de anos. Aumentou em uma taxa maior que a anterior com o surgimento dos eucariontes fotossintetizantes aquáticos, estabilizando-se entre cerca de 1,8 e 1,1 milhão de anos, quando houve o maior aumento do teor desse gás, chegando aos valores atuais. O surgimento das plantas terrestres só ocorreu depois que o teor de oxigênio na atmosfera ficou com valores 100% iguais aos da atualidade. O intervalo de tempo em que houve maior aumento do teor de oxigênio foi entre 1 bilhão de anos e cerca de 700 milhões de anos.
- A população de procariontes fotossintetizantes deveria ser pequena e praticamente todo o teor de ferro livre reagia com o gás oxigênio, de modo que não foi possível seu acúmulo na atmosfera.
- Para responder, os estudantes deverão falar da endossimbiose de uma cianobactéria com uma célula eucariótica já com mitocôndria. Os esquemas poderão ser feitos pautados nas imagens equivalentes no Livro do Estudante.

Atividade 3: O tempo geológico – configurações dos continentes e distribuição geográfica de organismos evidenciadas por registros fósseis

Sobre a estratégia:

Um primeiro aspecto importante desta atividade é servir como um caminho para que os estudantes se familiarizem com a noção de tempo geológico e com o dinamismo da configuração geográfica dos continentes. O enunciado refere-se ao período Triássico (245 a 208 milhões de anos atrás). Vale a pena recordar algumas características do ambiente da época (temperatura, teores de CO_2 , CH_4 e O_2). Uma pesquisa sobre a fauna e a flora da época permitiria que os estudantes tivessem uma noção mais consistente sobre o Triássico. A mesma abordagem pode ser aplicada em outros momentos do curso quando forem aparecendo outros períodos geológicos.

Seria interessante explicar aos estudantes que as áreas destacadas no mapa são, na verdade, uma aproximação contendo os pontos em que foram encontrados os diversos fósseis. Isso mostra a importância dos registros: se cada novo fóssil encontrado for devidamente registrado e se esse registro ficar disponível aos demais especialistas (por meio de publicações, conferências, congressos, palestras etc.), então as áreas poderão sempre ser atualizadas e a teoria, aprimorada.

Uma pergunta interessante seria: Se os fósseis fossem de espécies capazes de voar e migrassem por longas distâncias, o mapa proposto ainda teria fundamento?

Dois links interessantes para consulta são:

- <<http://biogeo2.wordpress.com/2008/04/15/fosseis-e-processos-de-fossilizacao-ii>>
- <http://www.bbc.co.uk/portuguese/ciencia/2011/02/110208_florestas_antartida_mv.shtml>.

Acessos em: mar. 2016.

O que se espera:

- A superfície terrestre é composta por placas litosféricas cujo constante movimento resulta em muitas modificações no cenário e disposição dos continentes. No início do período Triássico, data provável de ocorrência dos répteis tratados nesta atividade, todos os continentes atuais estariam unidos formando o supercontinente Pangea. Como a atividade trata de organismos incapazes de se deslocar por extensos oceanos, então é possível depreender que a distribuição de cada espécie tenha sido contínua na época.

Atividade 4: Placas litosféricas e vulcanismo

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, o estudante será estimulado a relacionar acontecimentos envolvendo abalos sísmicos e vulcanismo, divulgados na mídia, à tectônica de placas. Inicialmente, a análise do mapa permitirá uma visão geográfica da distribuição desses fenômenos. As informações oriundas de reportagens sobre fatos/catástrofes reais e as apresentações solicitadas permitirão a eles estabelecer a correlação entre eventos mais ou menos locais e a tectônica de placas, processo em escala global. Você, professor(a), poderá estender o assunto abordando uma forma diferente de vulcanismo, não relacionada com bordas de placas litosféricas: plumas de manto e *hotspots*, que aparentemente foi o que aconteceu na Sibéria no fim do Permiano, desencadeando os processos que levaram, em um período de aproximadamente 80 mil anos, a uma grande extinção de espécies.

A pluma de manto forma-se com a ascensão de massas rochosas profundas do manto extremamente aquecidas e que se fundem ao aproximar-se da superfície da crosta. Esses bolsões de magma, localizados nos chamados *hotspots*, eventualmente emergem (à superfície) e o material espalha-se como a água em uma inundação,

formando, após solidificar-se, uma camada mais ou menos espessa de basalto, que pode cobrir vastas áreas. Como a pluma de manto origina-se abaixo da crosta, as placas litosféricas podem mover-se sobre ela. Seguidas erupções em *hotspots* podem, então, formar múltiplos vulcões, que, caso ocorram nos fundos oceânicos, podem originar ilhas — é o caso do Havaí, por exemplo. Esses vulcões são dispostos em linha segundo a orientação do movimento da placa litosférica envolvida.

No item **b** desta atividade, a busca de reportagens pelos estudantes e sua utilização como fontes de informação dão abertura, mais uma vez, para que se desenvolvam diversas habilidades importantes em ambiente digital, como busca por informações, análise de fontes confiáveis, leitura crítica, capacidade de síntese e integração das informações obtidas com mapas.

Considerando *tsunamis*, terremotos, maremotos e erupções vulcânicas, os estudantes poderão acumular um grande número de notícias. A necessidade de escolher entre reportagens semelhantes exige deles o estabelecimento de algum critério de seleção: quantidade e natureza das informações, estilo de escrita, clareza do vocabulário, extensão do texto etc. No mundo digital, a habilidade de selecionar as fontes de informação é fundamental.

Você pode também propor aos estudantes que, em grupos ou individualmente, façam suas próprias reportagens, com base nas informações que foram compiladas. Nessa tarefa, eles teriam de lidar com edição de texto, aplicando noções mais avançadas sobre formatação, e de figuras. O *software* “Draw”, do pacote de aplicativos *LibreOffice*, permite compor páginas com figuras e caixas de texto formatadas uma a uma, o que é ótimo para fazer reportagens para impressão. Alternativamente, as reportagens podem ser apresentadas no *blog* da turma. Outra opção é a classificação de reportagens dos educandos por temas e datas dos eventos, e sua organização e diagramação em formato de revista impressa, por exemplo.

O que se espera:

- a) As maiores concentrações de pontos vermelhos e de pontos amarelos, correspondendo, respectivamente, a vulcões e a terremotos, ocorrem próximo dos limites das placas litosféricas (em azul), mas restritos aos locais onde há atrito entre elas. Nesses pontos, quando o atrito é mais intenso e os deslocamentos são mais bruscos, ocorre a maioria das erupções e terremotos mais violentos e *tsunamis*, dependendo do caso. Nas linhas de divergência das placas, onde há afastamento entre elas, em geral não ocorrem vulcões e os terremotos são menos intensos. Por isso, no mapa praticamente não há símbolos vermelhos representados — esse é o caso, por exemplo, da linha mediana do Atlântico Sul.
- b) Espera-se que sejam apresentadas reportagens sobre eventos vulcânicos e sísmicos ocorridos especialmente na região do “cinturão do fogo”, com as explicações discutidas no texto e no item a desta atividade.

■ A química da vida

Neste capítulo, entramos no universo celular, abordando a composição química das células. Não se deve, nesse momento, aprofundar conhecimentos de Química: estes serão abordados apenas quando necessário para a compreensão da função de cada substância — evidenciando para os estudantes a interação entre as áreas. Não é preciso que eles memorizem as fórmulas moleculares das substâncias; são poucas as apresentadas no capítulo.

Buscamos apresentar o assunto de forma mais próxima do dia a dia do estudante, citando, por exemplo, o que é a água e por que dependemos tanto dela para nossa sobrevivência; o que é gordura *trans* e quais são os efeitos do consumo para a saúde humana; o uso de esteroides anabolizantes e os danos causados à saúde etc.

Em relação à água, interfira com uma questão mais ampla: peça aos estudantes que citem as regiões terrestres com maior diversidade de seres vivos. Com essa questão, eles devem concluir que é nas regiões onde há abundância de água. Isso se relaciona à procura de vida em outros corpos celestes, tema abordado na origem da vida. A presença de água é um dos fatores usados como condição necessária à da presença de vida, mesmo que passada.

Deve-se dar maior atenção à importância dos sais minerais e das substâncias orgânicas, bem como aos papéis que exercem no metabolismo celular, mais do que discutir suas fórmulas estruturais.

Um pouco mais de atenção foi dada às proteínas, em razão de seu papel fundamental no metabolismo celular.

Um texto interessante sobre aplicações bioquímicas de enzimas na indústria pode ser encontrado em: Enzimas: poderosa ferramenta na indústria, de Solange Inês Mussatto, Marcela Fernandes e Adriane Maria Ferreira Milagres. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/revista-ch-2007/242/enzimas-poderosa-ferramenta-na-industria>>. Acesso em: mar. 2016.

No capítulo, o enfoque da composição química dos seres vivos é sempre mais funcional que estrutural, enfatizando as funções exercidas pelas diferentes substâncias orgânicas e inorgânicas, relacionando essas funções com a composição química dos alimentos e a importância de uma dieta variada e equilibrada.

Seria interessante propor aos estudantes que olhassem os rótulos dos alimentos industrializados que têm em casa, para verificar informações sobre sua composição, por exemplo, sobre a presença de gordura *trans*. Este também pode ser um bom momento para falar sobre a

alimentação e o hábito cada vez mais comum entre as pessoas de consumirem alimentos de *fast-food*.

Neste capítulo, abordamos também um tema voltado à saúde que é de fundamental importância na formação de qualquer cidadão: nutrição proteica e desnutrição. Caso seja possível, peça aos estudantes que façam uma pesquisa sobre desnutrição no Brasil e como poderiam elaborar uma campanha de esclarecimento na comunidade onde vivem para evitar esse problema. Atuando assim, estarão exercendo a cidadania.

Definir os tipos de desnutrição e fazer um histórico do problema nas últimas décadas é o início recomendado para a atividade. Os estudantes aprenderão que desnutrição também pode afetar pessoas obesas, aspecto importante, já que a obesidade tem recebido a atenção de muitos especialistas mais recentemente (em alguns países já se configura como um problema de saúde pública).

O link <http://hygeia.fsp.usp.br/nupens/monteiro_pobrezafome.pdf> (acesso em: mar. 2016) permite baixar o artigo A dimensão da pobreza, da desnutrição e da fome no Brasil: implicações para políticas públicas, de Carlos Augusto Monteiro, professor titular do Departamento de Nutrição da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo e coordenador científico do Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde da Universidade de São Paulo NUPENS/USP, publicado na revista *Estudos Avançados*, 17 (48): 7-20, 2003. O artigo apresenta muitas informações que se constituem em um ótimo ponto de partida para a pesquisa.

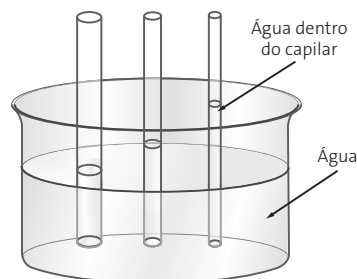
■ Orientações sobre o box *Despertando ideias*

p. 170 – Capilaridade

Tendo explicado no texto o que é a capilaridade, propomos aos estudantes um experimento para tratar de qual diâmetro de um tubo permite verificar esse processo. Buscamos também instigá-los a propor modificações no experimento e mesmo a propor outros experimentos sobre o tema. Nosso objetivo é despertar no estudante perguntas que serão retomadas quando falarmos do transporte de seiva nas plantas, e do significado da penetração da água por capilaridade em espaços estreitos que não são tubos, como nos solos. Com isso, pretende-se que eles sejam capazes de estabelecer relações sobre os diferentes assuntos que estão sendo estudados de modo a evitar a ideia de que os conteúdos são estanques e incomunicáveis.

Se os estudantes já tiverem estudado substâncias polares e apolares em Química, estimule-os a relacionar esses conceitos para explicar capilaridade. No experimento,

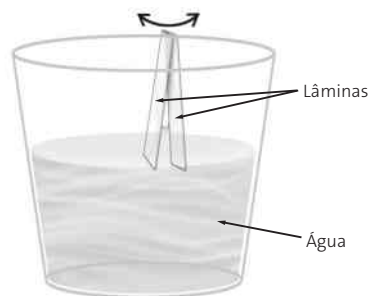
a água vai subir mais no tubo mais fino, como mostra a figura a seguir, corroborando a hipótese.



Studio Caparroz

Quando se propõe ao estudante que pense em melhorias na parte experimental, pretende-se que ele use a imaginação e a criatividade na elaboração de montagens experimentais.

Estimule os estudantes a relacionarem adesão e coesão ao fenômeno da capilaridade. Devido à propriedade de adesão, a água adere à superfície interna dos capilares e tende a subir; assim, as primeiras moléculas puxam as demais, pois elas estão firmemente unidas por coesão. Como essas forças são maiores do que a força da gravidade atuante sobre a superfície da água dentro dos capilares, a água sobe. Para a pergunta sobre espaços estreitos que não sejam tubos, sugerimos uma montagem experimental com copo transparente cheio de água e lâminas de microscopia. Pegue com uma das mãos duas lâminas e coloque suas extremidades dentro da água, como mostra a figura a seguir:



Alberto De Stefano

Aproxime e afaste devagar as lâminas, uma contra a outra, e observe o que acontece. Repita várias vezes esse procedimento. Será possível verificar que a água sobe mais em espaços mais estreitos pelos mesmos motivos já explicados para o caso dos tubos capilares.

A explicação mais completa sobre o processo de capilaridade envolve conceitos físicos e químicos como polaridade de substâncias, densidade, força atmosférica e a pressão de Laplace. Se achar conveniente, promova uma atuação conjunta com os professores de Química e de Física para abordar a capilaridade da água, ampliando para a introdução de conceitos dessas disciplinas. Se for o caso, poderiam abordar outros fluidos, como o óleo. Poderiam também passar à explicação de como se lê a altura em um frasco, como provetas e capilares, comentando do menisco, o qual pode ser visto no experimento com os capilares. Finalmente, você pode discutir se o resultado depende do material que constitui o tubo.

p. 177 – Detecção de amido nos alimentos

Esta é uma atividade experimental bastante simples e interessante de ser feita antes de falarmos sobre os tipos de reserva nas células dos seres vivos. Espera-se que os estudantes cheguem aos seguintes resultados para as perguntas propostas:

1. Controle.
2. Batata, miolo de pão.
3. Origem vegetal.
4. Resposta pessoal. Sugestões: eles poderiam, por exemplo: padronizar volumes tanto das substâncias a serem testadas como da quantidade de corante; testar todas as substâncias dissolvidas em um mesmo volume de água. Esses procedimentos inseririam uma padronização que não foi adotada na proposta inicial. Ao padronizar volumes, eles verificariam se um alimento tem mais amido do que outro, pois o iodo fica azul-escuro com pouco amido e arroxeadado com teor mais alto de amido. No entanto, não há como estimar valores (a quantidade absoluta de amido); só se tem ideia se há mais ou menos amido. Pode-se fazer o teste com mais alimentos: frango, peixe e outros alimentos de origem animal, de preferência de cor clara para evidenciar o corante. Se desejarem testar alimentos de origem vegetal, sugerimos sucos de frutas, como laranja e abacaxi.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 189 – Tema para discussão

Contando calorias

O **Tema para discussão** estimula os estudantes a refletir sobre sua alimentação e seu modo de vida. Ao fornecermos dados e orientações relacionados à qualidade e à quantidade do que devem comer para ter uma vida saudável, agora e no futuro, tem-se como objetivo levá-los a avaliar o próprio estilo de vida.

As questões propostas para discussão incentivam os estudantes a examinarem seu comportamento alimentar e seu estilo de vida. Nessa fase, muitas meninas, e também meninos, preocupam-se exageradamente com os padrões de beleza veiculados pela mídia. Discuta amplamente esse ponto com todos e comente as maneiras saudáveis de manter o peso sem o uso de dietas comprometedoras que podem levar a problemas de saúde.

Aproveite que o tema desperta o interesse de grande parte da população e estimule os estudantes a produzirem algum material de divulgação, expondo informações que eles julguem importantes. Esse material pode ser um cartaz, panfleto, vídeo ou texto de notícia, e pode ser divulgado com a ajuda de *blogs* ou redes sociais.

Existem novas pesquisas que indicam outras fórmulas para o cálculo do IMC, mas optamos aqui por apresentar a fórmula mais tradicional.

Outras fórmulas mais recentes para o cálculo do IMC podem ser obtidas em: Estudo da USP cria novo cálculo para identificar “falsos magros”, disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/ribeirao-preto-franca/noticia/2012/07/estudo-da-usp-cria-novo-calculo-para-identificar-falsos-magros.html>> e Novo cálculo do IMC pode deixar você mais gordo, disponível em: <<http://exame.abril.com.br/estilo-de-vida/saude/noticias/novo-calculo-do-imc-pode-deixar-voce-mais-gordo>>. Acessos em: mar. 2016.

Os distúrbios alimentares são graves e, em geral, afetam mais os adolescentes. Desse modo, torna-se fundamental abrir essa discussão com eles. A bulimia e a anorexia são problemas graves e que merecem ser discutidos.

Seria interessante tratar também da questão da obesidade.

Os dados da Pesquisa de Orçamentos Familiares, feita pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em conjunto com o Ministério da Saúde e divulgados recentemente, apenas comprovam aquilo que qualquer pessoa percebe andando pelas ruas e, ainda, confirmam a tendência que os médicos já vinham constatando nos consultórios: o número de obesos cresce vertiginosamente no Brasil. Conforme o levantamento, mais de 38 milhões de pessoas em nosso país estão com o peso acima do recomendado e, desse total, em torno de 10 milhões são considerados obesos. Para quem achava que o problema da obesidade ficava restrito aos americanos – exportadores do modelo fast-food, o estudo surpreendeu.

Disponível em: <<http://www.parana-online.com.br/editoria/policia/news/105657/>>. Acesso em: mar. 2016.

A obesidade é um problema que já apresenta abrangência mundial. É de fato uma questão complexa, pois envolve aspectos biológicos, culturais, sociais e econômicos. Caso ache conveniente, é possível propor aos estudantes que pesquisem mais sobre esse tema como atividade extra.

Os grupos de estudantes podem abordar o problema com diferentes enfoques, como “obesidade e saúde”, “evolução da obesidade”, “obesidade e *marketing*”, “obesidade e economia”, “obesidade infantil”, “mecanismo da fome”, “tratamento da obesidade” e “uso de anorexígenos”.

Trabalhos assim, com diferentes aspectos do problema sendo abordados de modo complementar, podem ser apresentados em um minicongresso e podem resultar em uma conscientização geral por parte de um público particularmente suscetível. Caso se consiga a participação dos pais e da comunidade no minicongresso, tal conscientização se estenderia além da escola e aí teríamos um interessante exercício de cidadania.

p. 191 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: A água e suas trocas de calor com outros meios

Sobre a estratégia:

Esta atividade ressalta que as propriedades químicas e físicas da água interferem diretamente nos processos biológicos, como no exemplo dos organismos ectotérmicos apresentados na atividade. A alta capacidade térmica relaciona-se com fenômenos globais, como o padrão de ventos, por exemplo. O fato de a água ser uma substância que exige muito calor para mudar de estado físico faz dela um bom refrigerador, no caso da passagem para o estado de vapor.

Neste ponto, o educando terá um primeiro contato com uma das formas de interação dos seres vivos com o meio ambiente e algumas de suas bases físicas: as trocas de calor.

Resgatar experiências sensoriais térmicas pode ser muito interessante. Quando sentiu mais frio? Ficou mais suado em um dia quente com vento ou sem vento? Foi nadar à noite e achou que dentro da água estava mais quente do que fora? É certo ou errado dizer que o cobertor nos aquece? Os exemplos são inesgotáveis e muitos deles envolvem propriedades da água.

Uma vez conduzido esse resgate de conhecimentos prévios com os estudantes, cabe uma discussão sobre quais propriedades da água estão envolvidas nas experiências mais marcantes de cada um. Uma sugestão é que antes façam uma tabela enumerando as propriedades tratadas no texto e sintetizando o que é cada uma.

A seu critério, você pode estender o assunto sobre regulação térmica nos animais. O texto inserido na atividade afirma que a temperatura corporal é afetada pela massa do corpo, mas não dá detalhes a respeito. Como as trocas se fazem no caso de corpos grandes? E pequenos? É sabido que corpos pequenos, por terem relativamente mais superfície em relação ao volume do que os grandes, esfriam ou aquecem mais rapidamente – as trocas se fazem pela superfície. Uma boa forma de explicar essa questão é comparar a superfície e o volume de dois cubos, um deles com arestas de 2 cm e outro, de 4 cm, isto é, o dobro. No primeiro cubo são 6 faces de 2 cm de lado, então a superfície é 6×2^2 , ou seja, 24 cm². Se o lado for de 4 cm (segundo cubo), a superfície será 6×4^2 , ou 96 cm². Quanto aos volumes, eles são 8 cm³ e 64 cm³, respectivamente. Note-se que, ao aumentar o tamanho do cubo de 2 cm para 4 cm de lado, o volume aumentou 8 vezes, enquanto a superfície aumentou apenas 4 vezes. Como os próprios estudantes poderão depreender, quando se trata de organismos pequenos, as trocas de calor são mais rápidas e os mecanismos termorreguladores têm de ser compatíveis com isso.

O que se espera:

- Devido à propriedade da coesão entre as moléculas de água (relacionada às pontes de hidrogênio que se estabelecem entre elas), a água líquida precisa absorver muita energia para suas moléculas se desprenderem umas das outras e passarem ao estado de vapor. Essa absorção resulta em um acentuado resfriamento. Quanto mais intensa a vaporização, maior a queda de temperatura. Quando nosso corpo está molhado e exposto ao vento, perde mais calor para a superfície do que quando não há exposição ao vento, e por isso sentimos mais frio.
- A alta capacidade térmica da água faz com que as trocas de calor sejam mais lentas do que as que envolvem outros compostos. Assim, enquanto a temperatura atmosférica cai mais rapidamente quando anoitece, a temperatura de massas volumosas de água demora muito mais a baixar, pois a perda de calor para a atmosfera é relativamente lenta. Em noite fria após um dia de bastante sol, se entrarmos na água do mar ou de um lago devemos senti-la morna e ficaremos termicamente mais confortáveis dentro da água do que fora dela. Assim, os jacarés podem, mesmo na ausência de calor do Sol, manter o corpo mais aquecido se estiverem imersos na água à noite.

Atividade 2: Enzimas e suas funções metabólicas

Sobre a estratégia:

A fibrose cística é uma alteração da viscosidade de muitas secreções corporais, dificultando sua remoção (por exemplo, no caso do muco das vias respiratórias) ou sua liberação (no caso do suor e de sucos digestivos). Uma pesquisa prévia pode trazer muitas informações sobre essa deficiência. Outro ponto proposto diz respeito à distinção entre secreção endócrina e secreção exócrina. Essa última geralmente envolve a passagem pelos dutos, daí a influência negativa do aumento da viscosidade.

O que se espera:

- As enzimas são proteínas que participam do metabolismo ativando reações específicas. Essa forma de atuação caracteriza os chamados catalisadores. As enzimas são catalisadores biológicos.
- Devido à sua ação catalítica e específica, podemos afirmar que as enzimas são um instrumento bastante eficiente de controle das reações; quando estão presentes e atuantes, ativam as correspondentes reações do metabolismo. No caso da digestão, se não fosse pela ação das enzimas digestivas, as reações que levam à fragmentação das moléculas nutritivas, permitindo a sua absorção, não ocorreriam e, portanto, os nutrientes ingeridos seriam eliminados com as fezes, daí o quadro de carência que se relaciona com a perda de massa corporal. É como se a dieta alimentar da pessoa fosse muito mais pobre do que é na realidade.

Atividade 3: Flutuação das aves aquáticas

Sobre a estratégia:

As questões apresentadas aqui levam os estudantes a entender fenômenos comuns, mas que dificilmente são entendidos sob seu aspecto físico. Uma delas é o fato de lipídios estarem muitas vezes relacionados com impermeabilização de superfícies (tanto em animais quanto em plantas). Outra diz respeito à formação de gotas d'água.

Você poderia inicialmente apresentar a eles a importância da impermeabilização, iniciando pelo exemplo das aves. O que aconteceria com um pombo voando na chuva caso suas penas se encharcassem? Há o aspecto do aumento do peso, já que penas encharcadas retêm água; mas há também o problema da forma das penas que, como ocorre com um chumaço de cabelos, tendem a ter seus filamentos aglutinados quando molhados. Com a forma alterada, o modo de as penas interagirem com o ar torna-se incompatível com o voo.

Também podem ser consideradas as aves aquáticas, cuja glândula uropigiana é especialmente desenvolvida. Se recoberta por uma camada lipídica, a plumagem da ave não é invadida pela água e, portanto, a pele do animal não tem contato com a água. Levando em conta que a água é frequentemente mais fria que o corpo das aves, isso evita uma considerável perda de calor. Um segundo ponto, mais relacionado com o que está no texto da atividade, é que, em meio às plumas impermeabilizadas da ave aquática, ficam espaços com ar – que funcionam como um colete flutuador, evitando dispêndio de energia para manter o corpo na superfície. Se possível, leve para a aula penas de aves como patos ou gansos (obtidas em uma avícola) para que os estudantes possam comparar o que acontece com elas quando rapidamente imersas em água com o que acontece caso sejam lavadas com detergente, secas e então mergulhadas em água.

Quanto às gotas, que parecem envolvidas por uma película, explique o que é a tensão superficial e ilustre com o exemplo daquela infinidade de organismos (insetos, aranhas) que pousam sobre a superfície de água parada sem se molhar e sem afundar.

Uma vez conduzidas essas apresentações, os estudantes estarão mais preparados para identificar que propriedades físicas da água estão relacionadas a esses fatos.

O que se espera:

- a) Devido à sua estrutura molecular, as moléculas de água são polares, enquanto as de lipídios, em sua maior parte, são apolares. Moléculas polares são eletricamente ativas e, portanto, podem atrair-se umas pelas outras. Uma superfície polar é semelhante a moléculas polares como a água. Quando aproximadas entre si, atraem-se e, então, a superfície se molha, ou seja, é formada uma fina camada de água que não escorre, pois está aderida à superfície (adesão). Se a superfície for revestida por lipídios, torna-se apo-

lar. Com isso, não há atração e a água na forma de gotículas escorre. Isso se vê nas folhas de diversas plantas após uma chuva, por exemplo.

- b) É a coesão, responsável pela formação da película de tensão superficial.

Atividade 4: Realizando e interpretando experimento

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, é importante considerar que a densidade do aço é maior do que a da água.

Se os fios de aço flutuam antes da adição do detergente, algo os está suportando – a película de tensão superficial formada pela coesão entre as moléculas de água. A diferença entre as duas condições (flutuar e afundar) é a adição do detergente.

Assim, o detergente elimina o efeito da coesão e, portanto, altera o fator que mantinha os fios na superfície: a tensão superficial. Note, professor(a): quem estabelece a relação conceitual com a tensão superficial é você, ao discutir com seus educandos o resultado do experimento. Trabalhar a coesão é mais fácil, partindo da fórmula estrutural da molécula de água e sua polaridade.

O que se espera:

- a) Ao adicionar o detergente, os fios imediatamente afundam. Isso ocorre devido à influência do detergente naquilo que suporta os fios metálicos no início do experimento.
- b) Um dos fatores que contribuem para a flutuabilidade das aves aquáticas é a camada gordurosa aplicada pelos indivíduos sobre as penas, que com isso ficam hidrófobas e tendem a flutuar (não se molham e por isso não atravessam a película de tensão superficial). Com o detergente essa gordura é eliminada e as penas encharcam-se interagindo livremente com as moléculas de água e dessa forma atravessando a película superficial.

CAPÍTULO 9

■ Citologia e envoltórios celulares

Neste capítulo, apresentamos os primeiros microscópios e passamos ao estudo da célula com enfoque funcional, de fora para dentro. Inicialmente, são discutidos os seus limites: a membrana plasmática e a parede celular, suas estruturas e seus processos de troca nas células.

O estudo da citologia é sempre mais motivador se pudermos contar com pelo menos um microscópio biológico. Se a escola onde atua possui microscópio, sugerimos que explore esse recurso e enriqueça suas aulas. Sabemos, porém, da dificuldade que é ter esse equipamento e, por isso, elaboramos as atividades sem o uso dele. No entan-

to, se tiver a possibilidade de usar microscópio, no próprio capítulo falamos como montar preparações de células de epiderme de cebola que podem ser realizadas em sala.

Se tiver microscópio estereoscópico (ou lupa), que permite a observação de objetos opacos, seria interessante usá-lo na observação de estruturas e organismos maiores do que aqueles analisados com os microscópios biológicos. Os microscópios biológicos oferecem aumentos maiores do material analisado do que os microscópios estereoscópicos, mas as amostras analisadas devem permitir a passagem de luz.

O material a ser examinado ao microscópio de luz deve ser translúcido, permitindo que a luz o atravesse, condição necessária para que possa ser visualizado. Os termos microscópio óptico e microscópio de luz são usados como sinônimos, mas o correto é usar apenas microscópio de luz, pois a fonte que ilumina o objeto a ser observado é a luz.

Neste equipamento são visualizados apenas os organismos microscópicos, de corpo delicado, ou cortes finos de regiões do corpo de organismos maiores. O material é depositado sobre uma lâmina de vidro com uma gota de água ou outro líquido adequado à preparação (corantes, bálsamos, glicerina líquida). Sobre essa lâmina com o material, coloca-se uma lamínula, inicialmente inclinada, e em seguida deitada cuidadosamente sobre o material, para que se evite a formação de bolhas de ar e prejudique a observação. Caso haja excesso de água, esse material deve ser removido e um pedaço de filtro de papel deve ser colocado em um dos lados da lamínula, como mostrado nas ilustrações presentes no capítulo.

Caso seja possível preparar uma primeira aula com o uso de microscópio, antes de mais nada, apresente o equipamento para os estudantes e explique o funcionamento. Aqui estão algumas sugestões de tópicos mais relevantes que podem ser apresentados nessa explicação.

Como utilizar o microscópio de luz

O material preparado será analisado sobre a platina do microscópio. O feixe de luz proveniente da lâmpada na base do microscópio ou do espelho (que pode refletir luz natural ou artificial) atravessará essa preparação, o que permitirá sua visualização. A luz pode ser concentrada com o condensador e a iluminação não deve ser nem muito forte, nem muito fraca.

Olhando-se por fora do microscópio, a lamínula deve ser aproximada da lente objetiva de menor aumento abaixando-se o canhão do microscópio com o parafuso macrométrico, sem deixar que se toquem.

Em seguida, por meio da ocular e regulando-se com o parafuso macrométrico, o canhão do microscópio é levantado vagarosamente até que o material entre em foco. Para aumentar a precisão desse foco, usa-se o parafuso micrométrico. Caso o estudante use óculos, ele deve

retirá-los antes da observação, pois, além de evitar uma batida entre as lentes dos óculos com a ocular do microscópio, os eventuais ajustes de foco podem ser feitos com o manuseio dos parafusos macro e micrométrico.

O aumento da imagem observada ao microscópio composto (já que possui duas lentes sobrepostas) é dado pela multiplicação do aumento da lente ocular pelo aumento da lente objetiva. Por exemplo: usando ocular 5 vezes e objetiva 40 vezes, o aumento total será $5 \times 40 = 200$ vezes.

Com o *charriot*, move-se a platina, possibilitando ampla exploração do material.

Orientar os estudantes sobre os seguintes cuidados:

- O canhão do microscópio nunca deve ser baixado com o parafuso macrométrico quando estiverem olhando pela lente ocular. Ao usar esse parafuso, deve-se olhar por fora, evitando o risco de quebrar a lâmina e danificar a objetiva e a preparação do material biológico.
- A observação do material deve sempre ser iniciada com a lente objetiva de menor aumento. Para aumentos maiores, é preciso tirar o olho da ocular e, olhando-se por fora, mudar a objetiva, também para evitar que a lâmina se quebre.
- As lentes objetivas e as oculares não devem ser tocadas com dedos, face ou cílios, para não sujá-las.
- O microscópio nunca deve ser arrastado pela mesa de trabalho, tampouco ser levantado pela parte do canhão. Seu transporte deve ser feito com uma das mãos segurando o braço do microscópio e a outra mão apoiando a base do aparelho. Para que a lente ocular não caia, o equipamento deve ser transportado sempre na posição vertical.

Depois de os estudantes estarem familiarizados com o microscópio, podem ser feitas preparações como as descritas no capítulo, usando a epiderme da cebola e a folha de elodea.

Vale um alerta para não usar células humanas em aulas de Biologia, caso das células da mucosa bucal e do sangue, em função de riscos de contaminação.

Também podem ser observados microrganismos vivos (especialmente unicelulares).

Caso consiga fazer aula com microscópio, discuta com os estudantes não apenas o que eles estão observando, mas também as diferenças entre o que se pode ver com esse tipo de microscópio e o que se pode ver com os microscópios eletrônicos. Nessa comparação, use as imagens disponíveis no livro como apoio ao seu trabalho.

Na obra, apresentamos células fotografadas ao microscópio de luz e ao ME. Nas fotografias ao microscópio de luz (fotomicrografias) vamos mostrar também células fixadas e coradas ou cortes histológicos. Seria interessante comentar com os estudantes que o estudo mais detalhado da célula ao microscópio de luz é feito por meio de células fixadas e coradas. A fixação pode

ser feita mergulhando-se o material a ser observado em uma solução de formol, que mata imediatamente as células, mas preserva sua estrutura. Depois de as células terem sido fixadas, acrescentam-se corantes à preparação para evidenciar determinadas estruturas.

A observação de células nos tecidos exige procedimentos mais complexos mas pode ser feita por meio de cortes histológicos. Nesse caso, mergulha-se o material fixado a ser analisado em parafina líquida ou em outra substância líquida que depois endureça, o que facilita os cortes. O material assim preparado é cortado em fatias delgadas com o auxílio de um aparelho chamado micrótomo, que funciona como uma máquina de cortar frios. Quando há interesse em se reconstruir a estrutura tridimensional a partir de cortes finos e transparentes, o bloco inteiro de material deve ser cortado seriadamente. Os cortes podem ser, então, colocados em lâmina de vidro, a parafina é dissolvida e as células são coradas com corantes especiais. Depois, podem ser feitas lâminas permanentes adicionando-se bálsamo do Canadá e cobrindo-se as preparações com lamínula para a observação ao microscópio de luz.

Não havendo laboratório na escola, o assunto pode ser ministrado de forma ilustrada e criativa, por meio de esquemas no quadro, pelo uso de transparências e das figuras apresentadas no capítulo. Sempre que possível, dê exemplos de aplicações práticas do assunto no dia a dia dos estudantes, a fim de tornar o conteúdo agradável e propiciar a oportunidade de visualizar o que é tratado.

Ao discutir com os estudantes as medidas usadas no estudo das células, atente para a escala usada na figura 9.17: ela é logarítmica. Se for possível, incentive-os a buscarem informações nos livros de Matemática, com o(a) professor(a) da área ou até mesmo na internet para responder por que, nesse caso, a escala logarítmica é a mais adequada.

Sempre que possível, neste e em outros capítulos, procure valorizar a história da ciência e o impacto dos conhecimentos científicos no desenvolvimento humano. Os estudantes devem perceber que a ciência não é um produto pronto, pois está em constante evolução. Outra contribuição desta abordagem reside na interdisciplinaridade, pois propicia compreensão da estrutura do conhecimento e das relações entre ciência e poder. Se considerar oportuno, avalie a possibilidade de desenvolver uma atividade sobre esse tema em conjunto com os professores de História e Filosofia.

No texto “Membranas e bolhas de sabão” (p. 202), a analogia entre membrana plasmática e a da bolha de sabão é clara: de modo geral, para os estudantes, uma membrana é algo sólido e, portanto, ao apresentarmos uma membrana fluida, temos que expandir um conceito prévio. Na bolha de sabão, temos uma membrana líquida, que perde água por evaporação e conseqüentemente se

desfaz; os fluxos iridescentes que podem ser visualizados na bolha de sabão evidenciam sua natureza líquida. Esse boxe também permite trabalhar com os estudantes a noção de coesão entre as moléculas de um fluido de acordo com suas propriedades elétricas, resgatando o conceito de substâncias polares e apolares.

Até mesmo outras propriedades além da fluidez podem ser abordadas: quando uma bolha de sabão é inflada na extremidade de um tubo, ela está aderida à borda do tubo mantendo aberta a comunicação por onde o ar passa. Ao fazermos um movimento com o tubo, a bolha se desprende e, nesse momento, fecha-se a passagem antes aberta. Isso quer dizer que a membrana da bolha de sabão é capaz de consolidar-se após uma ruptura moderada. Isso também se nota no caso das células. A famosa fotografia da manipulação do núcleo em um óvulo revela isto: ao ser retirada a fina agulha de vidro, não permanece um furo na membrana deixando vazar solução interna – pelo contrário, a parte furada da membrana se “refaz” instantaneamente. Do mesmo modo, é muito comum vermos duas bolhas de sabão grudadas uma na outra fundirem-se formando uma única bolha – isso é um modelo simples do que ocorre, por exemplo, durante a fusão celular na fecundação.

No texto “Por que saladas não devem ser temperadas muito antes de serem consumidas?” (p. 209), procuramos associar uma situação cotidiana ao conteúdo sobre osmose do capítulo, buscando a contextualização do assunto. Temperar saladas é um hábito corriqueiro, e trazer esse assunto no momento em que se aborda osmose tem uma função motivadora para o estudante, pois os acontecimentos que pode perceber no dia a dia passam a ter uma explicação científica.

Ao apresentarmos o texto “Exemplo da importância clínica do transporte através de membrana” (p. 210), nosso objetivo é trazer informações da vida usando explicações científicas, relacionadas ao tema em estudo. Aqui buscamos explicar um tipo de doença, a fibrose cística, sob o aspecto relacionado a um mecanismo de transporte através da membrana. Esse tema já foi estudado no capítulo anterior, na atividade “Enzimas e suas funções metabólicas”, da seção **Ampliando e integrando conhecimentos**. Embora a explicação dada seja bastante simplificada, o objetivo foi apenas dar um exemplo dessa relação entre o que se está sendo estudado e o que pode acontecer na vida das pessoas. Caso haja interesse por parte dos estudantes, uma pesquisa mais ampla sobre a fibrose cística poderá ser proposta.

Ao se estudarem os movimentos amebóides, introduzimos o texto “Combate a infecções e ‘limpeza’ do nosso corpo” (p. 214) para apresentar os mecanismos inespecíficos de defesa do corpo humano e, dessa forma, trazer para o estudante uma contextualização maior do assunto, interligando conhecimentos.

■ Orientações sobre o boxe *Despertando ideias*

p. 208 – Interpretando experimentos

Esse experimento é clássico tanto para demonstrar o fenômeno de osmose quanto para ilustrar a noção de pressão osmótica. A abordagem pode partir de um princípio geralmente estudado no Ensino Fundamental em Ciências: vasos comunicantes.

No modelo em U com a membrana e com soluções com diferentes concentrações em cada braço (ilustração **B** da atividade), o fenômeno da osmose possibilita o surgimento de um desnível entre os braços do tubo; ao mesmo tempo que a diferença de concentração entre as soluções se atenua, o desnível aumenta. As pressões na superfície dos líquidos se igualam quando a pressão atmosférica, de um lado, torna-se igual à soma da pressão atmosférica e da pressão osmótica, de outro. Quando ocorre o equilíbrio, o desnível observado não se altera mais.

A pressão correspondente ao desnível, no equilíbrio, é uma medida direta da pressão osmótica dadas as concentrações iniciais. O equilíbrio se estabelece quando o potencial de a água passar para o lado da solução hipertônica se iguala ao de ela retornar, dada a diferença de nível. A partir daí, a cada molécula que passa por osmose em um sentido, corresponde outra que passa no sentido contrário.

No modelo ilustrado em **C**, se uma pressão for exercida por um êmbolo (pistão) em um dos braços do tubo em U, causando deslocamento do líquido para baixo, no outro braço, o líquido subirá. Em dois pontos situados na mesma altura horizontal, a pressão será sempre a mesma.

A diferença de pressão na superfície dos líquidos em cada um dos lados do tubo pode ser dada pela força exercida pelo êmbolo, mas também pode ser dada por diferenças de concentração de soluções. Podemos observar isso ao incluirmos uma membrana semipermeável no tubo e colocarmos soluções de concentrações diferentes em cada um dos lados da membrana: seria como se a pressão exercida pelo êmbolo fosse substituída pela pressão de “bombeamento” originada pela diferença de concentração.

As respostas esperadas para as questões são:

1. O desnível ocorre porque a solução do braço esquerdo é hipotônica em relação à do braço direito.
2. Seria menor (neste caso, seria igual a 0); no caso da solução de água com açúcar ser ainda mais hipertônica, essa pressão deveria ser maior que a representada na figura **C**.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 214 – Tema para discussão

Osmose reversa e o tratamento de água

O *Tema para discussão* propõe uma pesquisa a respeito da osmose reversa no Brasil, suas aplicações, e os projetos

que estão em desenvolvimento. Os educandos são também direcionados a buscarem informações especificamente sobre uma questão preocupante, que é o que fazer com o resíduo salgado e as possíveis soluções a serem adotadas.

Como desdobramento do trabalho de pesquisa, eles são convidados a produzir como forma de divulgação do trabalho um filme ou um podcast sobre o assunto. Recomendamos a você que consulte, na parte introdutória deste Manual, as informações apresentadas sobre recursos como os *podcasts*.

Como referência sobre o assunto para você, professor(a), indicamos o artigo referenciado abaixo:

SOARES, T. M.; SILVA, I. J. O.; DUARTE, S. N.; SILVA, E. F. F. Destinação de águas residuárias provenientes do processo de dessalinização por osmose reversa. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 10, n. 3, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v10n3/v10n3a28.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

p. 215 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Envoltórios celulares – membrana plasmática

Sobre a estratégia:

Nesta atividade o ponto mais importante é a transposição de propriedades de substâncias em escala molecular para a escala citológica. Qual o fundamento químico para que a membrana plasmática tenha as propriedades que tem? Levando em conta a estrutura dos fosfolípidios, com uma extremidade polar na molécula e toda uma parte apolar, bem como seu arranjo molecular na membrana, você pode lembrar aos estudantes a questão da afinidade entre a água e outras substâncias e a partir daí discutir os seguintes pontos: a membrana plasmática, se vista simplesmente como uma lâmina revestida pelas partes polares dos fosfolípidios, se “molha” quando em contato com a água? Se fosse constituída apenas pelos fosfolípidios, poderia ser atravessada por moléculas de água? E sendo equipada também com proteínas, formadas por unidades com partes eletricamente carregadas? Dessa discussão podem emergir os conceitos de estruturas hidrofílicas e estruturas hidrofóbicas. Uma molécula proteica hidrofílica que se estende por toda a espessura da membrana pode ser uma ponte para a passagem de moléculas polares como a água?

O que se espera:

- a) A porção hidrofílica dos fosfolípidios na bicamada permanece em contato com os meios aquosos intracelular e extracelular, enquanto as porções hidrofóbicas ficam voltadas uma para a outra.

b) Essa configuração da bicamada fosfolipídica constitui uma barreira pouco permeável à água, aos íons e às substâncias hidrofílicas, o que, associado ao papel desempenhado pelas proteínas da membrana, permite que haja um controle da entrada e saída de substâncias e, conseqüentemente, a manutenção da constituição química interna característica do citoplasma celular. Proteínas ocorrem aderidas à porção hidrofílica dos fosfolipídios ou atravessando toda a espessura da membrana. Essas proteínas têm funções específicas, permitindo a passagem de substâncias e íons que não atravessariam a camada de fosfolipídios ou o fariam em tempo longo demais para as necessidades das células. Essas proteínas, no entanto, têm permeabilidade seletiva. A característica seletiva da membrana plasmática confere à célula a propriedade de um sistema semipermeável, onde ocorrem trocas com o meio externo, porém preservando as peculiaridades da constituição de seu meio interno e, conseqüentemente, o equilíbrio celular.

Atividade 2: Introdução ao estudo da Citologia – histórico

Sobre a estratégia:

Essa atividade busca incentivar a reconstrução da sequência dos eventos ligados a descobertas científicas ao longo do tempo, estimulando a ideia de que o conhecimento atual é fruto de uma série de estudos possibilitados pela soma do desenvolvimento tecnológico e da dedicação de várias pessoas.

Você, professor(a), pode discutir a importância da contribuição dos diversos pesquisadores, sempre associando-a com o cenário da época. O que já se conhecia? O que ainda era completamente desconhecido? Qual o possível impacto de cada descoberta em relação ao conhecimento da época? O que pode ter representado para a humanidade o advento dos microscópios e conseqüente abertura para o mundo dos microrganismos e das células?

Na época, a magnitude das novidades tecnológicas que se sucederam pode ser comparada à do advento dos atuais microscópios de tunelamento, descortinando um novo mundo – o mundo das nanoestruturas e da sua manipulação.

O que se espera:

Pesquisador e período	Formação	Contribuição
Robert Hooke (1635-1703)	Físico	Primeira proposta de célula, com a observação de cortes de cortiça
Anton van Leeuwenhoek (1632-1723)	Comerciante	Aprimorou o microscópio, observou diversos seres microscópicos

Pesquisador e período	Formação	Contribuição
Matthias Schleiden (1804-1881)	Botânico e advogado	Propuseram a Teoria celular (1838): todos os seres vivos são formados por células
Theodor Schwann (1810-1882)	Astrônomo e médico	

Atividade 3: Microscópios eletrônicos

Sobre a estratégia:

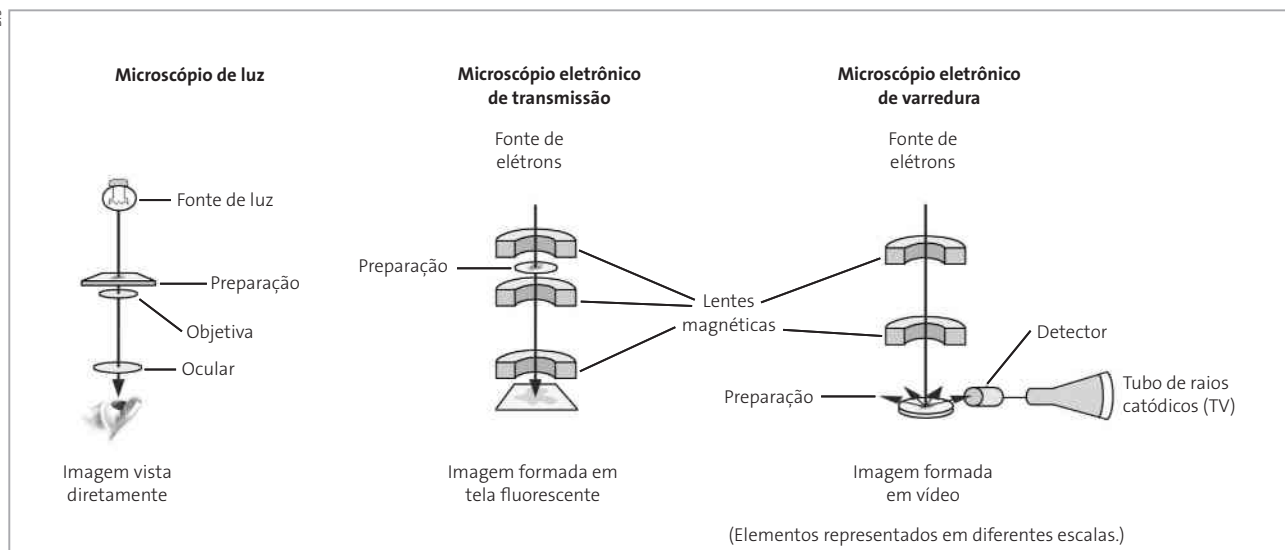
O advento do microscópio eletrônico (ME) foi um novo marco no avanço da tecnologia, já que abriu as portas para a produção de imagens de seres microscópicos em uma escala de tamanho milhares de vezes menor.

O primeiro tipo de ME foi o de transmissão, desenvolvido na década de 1930. Por volta de 1960 foi posto no mercado um novo tipo – o de varredura. Os dois aparelhos funcionam com base nas interações dos elétrons de um feixe emitido pelo equipamento com o objeto ou espécime da preparação.

A figura da página seguinte mostra a concepção básica de cada um, juntamente com a de um microscópio de luz (desenhado em posição invertida para evidenciar melhor a correspondência com o ME de transmissão).

O ME de transmissão é concebido tal como um microscópio de luz, mas a luz é substituída por um feixe de elétrons. As lentes de vidro são substituídas por bobinas que produzem campos magnéticos que desviam os elétrons de modo análogo a como as lentes de vidro desviam os raios de luz. Ao atingir a preparação feita com impregnação de metal pesado, que se associa às diversas estruturas de modo distinto, parte dos elétrons consegue atravessar o material e outra parte não. Na tela, as áreas que não são atingidas por elétrons (como áreas de sombra) aparecem escuras, enquanto nas partes onde a tela é atingida por elétrons que atravessaram o material, a imagem aparece clara.

O ME de varredura, por sua vez, tem uma concepção mais sofisticada. Um feixe de elétrons de alta energia atinge a preparação, também tratada com metal pesado. A diferença é que, em vez de observar como os elétrons transmitidos se distribuem na tela, sensores localizados **acima da preparação e não abaixo dela** captam os elétrons refletidos por partes da preparação e elétrons do próprio material deslocados pela interação com os incidentes (esses são os mais importantes na formação de imagens). Além disso, pode haver sensores de outras emissões (como raios X, por exemplo), que permitem obter informações além da topografia e forma tridimensional do objeto, como diferenças de composição química e estrutura cristalina.



No ME de transmissão, um requisito importante é que a preparação tem que ser extremamente delgada para permitir a passagem dos elétrons em suas partes menos densas – isso leva à necessidade de corte ultrafino. No ME de varredura, como o que se capta são principalmente os elétrons deslocados a partir do material (elétrons secundários), então o material (que pode ter até cerca de um centímetro de tamanho) pode ser observado inteiro. No caso do ME de transmissão, o aumento *útil* pode chegar a 300 000 vezes, enquanto no ME de varredura a ampliação é um pouco mais limitada, entre 30 000 e 50 000 vezes.

No caso de fotografias, a melhor indicação sobre o tipo de microscopia eletrônica é como o material é preparado: inteiro, para uma visão “tridimensional” (varredura), ou em fatias ultrafinas, para uma visão da estrutura interna em determinados planos de corte (transmissão).

O que se espera:

Figura da esquerda – microscopia eletrônica de varredura, uma vez que é evidenciada a superfície das células;

Figura da direita – microscopia eletrônica de transmissão, uma vez que é possível observar estruturas internas das células.

Atividade 4: Gradientes de concentração movem partículas

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, tratamos de uma das bases mais importantes das interações químicas das células com seu meio externo – a difusão simples. Para permitir qualquer avanço no entendimento dos processos de transporte através da membrana, é fundamental que os estudantes dominem os conceitos de soluto, solvente e solução, bem como o que é concentração e como pode ser expressa. Você pode prover essas explicações caso os estudantes ainda não conheçam o assunto.

Há muitas situações experimentadas pelos estudantes em seu cotidiano que servem de apoio ou ponto de partida para compreenderem o que é a difusão e algumas de suas limitações. Embora aqui estejamos tratando da difusão de partículas de uma região para outra, sem a interposição de uma membrana, o princípio é o mesmo. Você pode mostrar aos estudantes que, se uma membrana é permeável a certas partículas, então pode ser vista como uma tela muito devassável e, portanto, é como se não tivesse efeito. Uma extensão dessa ideia vem quando imaginamos uma tela de malha aberta apenas o suficiente para a passagem das partículas – nesse caso a passagem pode não ser tão fácil (aí, uma pequena alteração na estrutura da tela já facilitaria a passagem das partículas). Considerações como essas não só enriquecem a própria atividade como também “plantam” imagens úteis para a compreensão de outros processos, como a difusão facilitada.

Você pode referir-se ao processo de temperar a carne para fazer um churrasco, por exemplo. Muitas vezes a peça de carne é polvilhada com sal e posta na churrasqueira. Nessa situação, o sal se dissolve na superfície da carne. Ao cortar lascas superficiais, sentimos a carne bem temperada, mas, uma vez retirada essa camada, lascas de partes mais profundas parecem sem sal – aí se polvilha mais sal e assim por diante. Como o sal penetra na carne? Certamente das partes onde está a solução mais concentrada, para onde o meio é menos salino. E se a peça de carne for mergulhada no tempero na véspera? Nesse caso, mesmo as partes mais internas da peça ficarão temperadas. Daí vem a ideia de que, se o percurso a ser vencido pelas partículas for longo, o processo de difusão demorará bem mais. Uma boa pergunta a fazer aos estudantes seria: é possível, em uma peça de carne imersa no tempero por um longo tempo, o interior dela ficar mais temperado que a periferia? Se os estudantes responderem que não, então é porque intuitivamente já sabem que a difusão “cessa” quando as concentrações nas regiões de origem e de destino das partículas se igualam.

Finalmente, outra alternativa é tratar de gases. O ar em um cômodo fechado é formado por partículas diversas. Se em um canto do cômodo abrirmos um frasco de perfume (imaginemos que o ar aí não esteja circulando), em pouco tempo sentiremos o odor em todo o cômodo. Como as moléculas se espalharam pelo ar do cômodo? Pode ser feita uma analogia: o ar (apesar de ser uma mistura de substâncias) corresponderia ao meio solvente, e o perfume, ao soluto.

O que se espera:

Difusão simples, pois representa o movimento de partículas (moléculas ou íons) de uma região mais concentrada para uma menos concentrada tendendo a homogeneizar as concentrações.

Atividade 5: Transporte através da membrana

Sobre a estratégia:

Pela análise dos dados sobre a composição química das células e do meio externo, os estudantes deverão explicar as diferenças de concentração observadas e sua manutenção utilizando as informações sobre transporte através da membrana. Talvez seja necessário lembrar a eles o que são íons – partículas com carga elétrica positiva (cátions) ou negativa (ânions). Já que o transporte ativo estabiliza gradientes de concentração (em vez de torná-los homogêneos, como é a tendência da difusão), é bom explicar termos como esses, esclarecendo o que é a favor do gradiente (sentido do lado mais para o menos concentrado) ou contra (sentido oposto).

Supondo uma situação em que a membrana é permeável ao soluto envolvido, é importante mostrar a possibilidade de o transporte ativo ocorrer simultaneamente com a difusão simples. Nesse caso, a situação final será definida pela combinação da intensidade das duas tendências.

O que se espera:

De alguma forma a célula é capaz de sustentar uma diferença de concentrações que se anularia se dependesse apenas da difusão. Para manter concentração maior em um dos lados da membrana, contra a tendência natural da difusão, ela precisa gastar energia em um processo de bombeamento contra o que se chama gradiente de concentrações. Tal processo é o transporte ativo.

CAPÍTULO 10

■ O citoplasma das células

O capítulo apresenta inicialmente uma visão geral do citoplasma das células procarióticas e das eucarióticas e, em seguida, analisa os movimentos celulares relacionados ao citoesqueleto: ciclose, movimentos ameboides, flagelar e ciliar.

Caso você disponha de um laboratório equipado com microscópio de luz, pode-se analisar os movimentos ameboides, ciliar e flagelar em organismos como amebas, ciliados e flagelados. Os estudantes observarão que o movimento amebóide é muito lento se comparado com o ciliar e o flagelar, parecendo que as amebas estão paradas em relação aos flagelados e aos ciliados. Para o movimento amebóide, deve-se focalizar e observar uma ameba pacientemente, notando a formação de pseudópodes e a intensa movimentação citoplasmática que ocorre nesses organismos. No caso de ciliados e flagelados, como o deslocamento é muito rápido, podem-se colocar fios de algodão na preparação, o que dificulta seu deslocamento, mas facilita a observação dos movimentos dos flagelos e dos cílios.

Este capítulo integra estruturas diretamente envolvidas com funções de sustentação interna da célula, movimentos celulares, síntese, transporte e armazenamento de macromoléculas e metabolismo energético. Essas estruturas são introduzidas de acordo com o seu papel em cada função.

Outra observação que pode ser feita ao microscópio é a visualização do fenômeno de fagocitose, adicionando uma solução de pó de grafite aos microrganismos em observação, para que os estudantes vejam a ingestão dessas partículas por amebas e ciliados, verificando, assim, a formação de vacúolos alimentares. Em alguns casos, pode-se observar até mesmo a clasmocitose.

Quanto à presença de lisossomos em células vegetais, sabe-se hoje que nas células vegetais os vacúolos possuem função idêntica aos lisossomos das células animais, mas que derivam do retículo endoplasmático. Em células animais, os lisossomos derivam do complexo golgiense.

No livro de ALBERTS, B. *et al. Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010, os autores afirmam que “os lisossomos são encontrados em todas as células eucarióticas”; são organelas com grande diversidade morfológica, mas histoquimicamente semelhantes por conterem hidrolases ácidas. Esses autores afirmam ainda que os vacúolos de vegetais e fungos são lisossomos extremamente versáteis.

Dentro da perspectiva de contextualizar o que se está estudando, trazemos no texto “Peroxisomos e doenças” (p. 225) a relação dos peroxissomos com saúde, explorando a adrenoleucodistrofia, doença abordada no filme *O óleo de Lorenzo* (1992), que recomendamos seja assistido pelos estudantes. Sugerimos a você que consulte, na parte introdutória deste Manual, as orientações dadas sobre o uso de filmes nas aulas de Biologia.

O uso abusivo de bebidas alcoólicas pelos jovens é uma problema sério de saúde, e precisamos sempre que pudermos tratar desse assunto, que é delicado. No texto “O retículo endoplasmático e a tolerância ao álcool” (p. 227), aproveitamos o momento do estudo do retículo endoplasmático para tocar nesse tema, contextualizando para o jovem por

que pessoas que têm o hábito de beber sentem necessidade de beber cada vez mais para conseguir obter o mesmo estado de embriaguez que obtinham antes, levando ao alcoolismo. Esse é um alerta importante para o jovem.

Novamente, no texto “*Lisossomos e doenças humanas*” (p. 229), nosso objetivo é contextualizar o assunto em estudo, aproximando o conteúdo dos estudantes. Se julgar adequado, você pode pedir a eles uma pesquisa sobre as doenças citadas neste boxe.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 232 – *Tema para discussão*

Construindo modelos de estrutura celular

Antes de entrar no estudo das estruturas citoplasmáticas, propomos aos estudantes que montem modelos de células que, uma vez prontos, podem acompanhar todo o desenvolvimento do capítulo. Com isso, eles podem aprimorar as representações feitas e têm à mão um modelo concreto sobre a estrutura celular, que eles possam tocar e olhar. Os estudantes podem escolher qual estrutura representar e terão que trabalhar com proporções, o que vai exigir recursos da Matemática. Eles vão ter de fazer a proporção entre o tamanho real da célula e das organelas que vão representar, com o tamanho grande do modelo que vão construir. Uma regra de três resolve bem essa questão, e as dimensões das células e das organelas podem ser obtidas consultando o próprio livro ou outras fontes. Incentive os estudantes a folhearem o livro, ver as imagens e as dimensões para montar as células. Como estamos propondo que eles apresentem a célula pronta aos demais colegas de classe e falem sobre as funções celulares, eles devem pesquisar essas informações no livro e em outras fontes confiáveis. Nossa intenção em propor esse tipo de atividade é motivar os estudantes a estudar a célula, tornar mais concreto um tema que é abstrato dada a dificuldade em se visualizar na prática tudo o que está sendo discutido e incentivar habilidades nas áreas de Arte, Matemática e de Língua Portuguesa (expressão oral), sem falar do incentivo à pesquisa e à síntese de informações. Estudar as células e suas funções a partir de uma dinâmica como essa é muito mais motivador para os estudantes. Seria interessante, no momento da construção da célula eucariótica, levantar a questão da quantidade aproximada das diferentes organelas nas células, pois isso varia dependendo da função exercida pelas mesmas. A fim de assegurar que na classe vários tipos celulares sejam modelados, seria interessante você estimular isso. O ideal é que haja pelo menos um grupo que trate dos procariontes, pelo menos um grupo que modele uma célula animal, e outro, uma célula vegetal. Se preferir, você pode diversificar mais os modelos: um grupo representa uma

célula animal secretora, outro grupo, uma célula animal muscular, outro grupo, uma célula animal da epiderme, outro, um leucócito e assim por diante.

É bom lembrar que os modelos apresentados no capítulo são de células hipotéticas, e se prestam apenas para ilustrar as estruturas que podem estar presentes, sem a preocupação quanto ao realismo da quantidade ou do volume das estruturas internas ou de ser fiel especificamente a uma célula.

Comente com os estudantes que a ausência de certas estruturas em tipos celulares onde normalmente ocorrem, como a falta de cloroplastos em células vegetais epidérmicas, pode resultar da especialização relacionada com a função que cada tipo celular exerce. A ausência de cloroplastos nessas células não as exclui da condição de células vegetais, que é reconhecível por outras características (por exemplo, a presença de parede celular de celulose e vacúolo de suco celular). Algo similar pode ser dito em relação às hemácias.

Outro comentário interessante seria sobre a ausência de centríolos nas células de angiospermas e na maioria das gimnospermas. Isso poderá ser retomado mais adiante no curso, quando se falar sobre o ciclo de vida das plantas briófitas, pteridófitas e algumas gimnospermas, em que há gametas flagelados, e das coníferas e angiospermas, em que não há flagelo.

Os estudantes podem ser estimulados a reconhecer os tamanhos relativos reais das estruturas intracelulares e da própria célula modelada. Isso pode ser feito, por exemplo, por meio de um questionamento como este: De que tamanho deveria ser a célula para que uma de suas mitocôndrias, ou, no caso das células das plantas, também dos cloroplastos, tivesse o tamanho de um grão de feijão?

p. 233 – *Ampliando e integrando conhecimentos*

Atividade 1: Explorando figuras e comparando células

Sobre a estratégia:

Esta atividade tem como proposta principal ressaltar a existência de organismos eucariontes unicelulares tratando de um reino composto de representantes pluricelulares e unicelulares: os fungos. O estudo dos eucariontes unicelulares permite ao estudante a compreensão das diferenças de organelas e de estruturas celulares. Os estudantes deverão ser informados que, ao preencher a tabela, terão organizado informações relativamente dispersas em um ou mais esquemas ou fotografias. Sugira que a turma destaque as estruturas comuns a todas as categorias de células consideradas e as exclusivas de cada uma.

O esperado nesta atividade é um produto gráfico (tabela), o qual, por opção sua, pode ser construído no caderno ou em ambiente digital. Nesse último caso, uma habilidade

a ser exercitada nessa tarefa é a operação copiar-colar aplicada a partes de uma imagem, que pode ser utilizada na produção de uma prancha com pequenas figuras mostrando estruturas específicas, exclusivas de cada tipo de célula, caixas de texto explicativas e setas indicando a que estruturas os textos se referem. Uma busca na internet com os termos “*Saccharomyces cerevisiae*”, “bactéria” e “célula eucariótica” resulta em uma enorme quantidade de imagens, entre as quais os estudantes teriam que selecionar as que representam melhor as estruturas desejadas.

Teremos aí um intenso exercício de observação das imagens e reconhecimento de estruturas, além do desafio da seleção em si. Ao construírem a prancha, caso queiram selecionar apenas partes de uma imagem, os estudantes poderão ter contato com alguma ferramenta de captura de imagens na tela (há opções gratuitas para todos os sistemas operacionais, como a “Ferramenta de Captura” do Windows). Esses segmentos podem então ser gravados ou diretamente colados em outro programa. Caso optem por não usar o programa de captura de tela, os estudantes podem copiar a imagem e recortá-la em algum programa de edição de imagens, como o *Paint*, no caso do Windows, ou outra das opções apresentadas anteriormente neste Manual.

O que se espera:

Levedura	Bactéria
Célula eucariótica	Célula procariótica
- Parede celular formada por quitina - Membrana plasmática - Núcleo - Complexo golgiense - Retículo endoplasmático - Ribossomos - Peroxissomos - Vacúolos - Mitocôndrias	- Cápsula - Parede celular formada por peptidoglicano - Membrana plasmática - Nucleoide com molécula única de DNA - Mesossomos - Ribossomos

Planta angiosperma	Animal
Célula eucariótica	Célula eucariótica
- Parede celular formada por celulose - Membrana plasmática - Núcleo - Complexo golgiense - Retículo endoplasmático - Ribossomos - Peroxissomos - Vacúolo de suco celular - Mitocôndrias - Cloroplastos	- Membrana plasmática - Núcleo - Complexo golgiense - Retículo endoplasmático - Ribossomos - Peroxissomos - Lisossomos - Mitocôndrias - Centríolos

Observação: As estruturas exclusivas de cada célula tratada na tabela estão em negrito; as estruturas comuns a todas estão destacadas em cinza.

Atividade 2: Realizando e interpretando experimento

Sobre a estratégia:

Neste experimento, procura-se evidência de ação catalítica na decomposição da água oxigenada. Como essa reação libera gás oxigênio, sua ocorrência é evidenciada pela formação de bolhas desse gás. A intenção do experimento é submeter porções de tecido animal e de tecido vegetal, com maior e menor proporção de células lesadas, a uma certa quantidade de água oxigenada.

Como a catalase fica no espaço intracelular e a água oxigenada é adicionada ao meio, ou seja, fica no espaço extracelular, é necessária a lesão das células para estabelecer contato entre o catalisador e seu substrato. Tanto o pedaço de fígado quanto o de batata já apresentam células lesadas em suas superfícies, já que os tecidos foram cortados em pedaços; aí temos o primeiro tratamento experimental. O segundo tratamento que propomos é aquele em que os tecidos foram muito fragmentados, expondo-se relativamente muito mais citoplasma. Cada tratamento é aplicado a um tipo de tecido. Embora não estejamos trabalhando explicitamente com desenhos experimentais, não há por que não mencionar que se trata de um desenho fatorial cruzado, isto é, no qual estamos investigando a ação de mais de um fator simultaneamente, bem como temos representadas todas as combinações possíveis de possibilidades para cada fator. No caso, temos o fator *tipo de tecido*, que pode ser “de fígado” ou “de batata”, e o fator *fragmentação*, que pode ser “não fragmentado” e “fragmentado”. Temos então 4 combinações representadas em 4 tubos de ensaio. O terceiro tratamento (5º tubo) controla a eventual formação de bolhas sem a ocorrência da reação. Nesta atividade, o desenho é sem replicação em cada combinação de tratamentos. Se tivéssemos várias réplicas por combinação, o desenho seria estatisticamente bastante poderoso. É bom você tratar essa questão com seus educandos para que eles não fiquem com a falsa impressão de que a replicação é desnecessária.

Do ponto de vista da ação enzimática, esta atividade é muito simples, embora possa ser bastante trabalhosa se formos ver do ponto de vista estatístico. A discussão com base na metodologia seria muito enriquecedora.

O que se espera:

- Se os tubos forem numerados de 1 a 5, sendo 1 e 2 referentes a fígado com e sem trituração, e 3 e 4 referentes a batata com e sem fragmentação, esperam-se bolhas nos tubos 1 a 4 e não no tubo 5.
- Sim, esperam-se mais bolhas nos tubos 1 e 3 (materiais triturados) que nos tubos 2 e 4 (materiais não

triturados). Essa observação evidencia o efeito da fragmentação, aumentando a interação da catalase com a água oxigenada e, portanto, a quantidade de bolhas formadas.

- c) As bolhas devem ser de gás oxigênio, já que a decomposição da água oxigenada pela catalase segue a reação $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
- d) Se os tubos com tecidos chegaram a se aquecer de modo perceptível, então terá se evidenciado o caráter exotérmico da reação.

CAPÍTULO 11

■ Metabolismo energético

Conhecidas as principais funções das células, passamos, neste capítulo, ao estudo do metabolismo energético e seus processos celulares, enfocando-os em seu interior e nos locais onde ocorrem. Aqui se discutem apenas noções importantes para que esses fenômenos celulares sejam entendidos.

Deve-se salientar para os estudantes que muito do conteúdo visto nos dois capítulos anteriores depende de energia para ocorrer, e para isso é importante que tenham a noção de que a célula é um todo estrutural e funcionalmente integrado. É fundamental que o assunto seja abordado dentro da realidade da turma, sem enfoque para a memorização de fórmulas ou reações.

Ao estudar os processos de fotossíntese, quimiossíntese, respiração e fermentação, basta que os estudantes entendam quais os reagentes e produtos envolvidos, suas principais etapas e sua importância para os seres vivos. Na respiração, por exemplo, devem saber como o processo se desencadeia, obtendo uma visão geral e como suas etapas relacionam-se umas com as outras.

Portanto, os esquemas referentes às fases de qualquer um desses processos devem ser trabalhados apenas como figuras ilustrativas, de modo que os estudantes percebam o que ocorre em cada uma e como se interligam. A exigência da memorização anula a importância da informação, pois os estudantes perdem-se em meio a tantas reações químicas e acabam por não aprender o que é essencial.

Acrescentamos aqui uma questão frequente que recebemos de colegas quanto à respiração anaeróbia e à fermentação. Autores de livros universitários, como PELCZAR JR, M. J.; CHAN, E. S. e KRIEG, R. N. em *Microbiologia, conceitos e aplicações*. São Paulo: Makron Books, 1997. v. 1. p. 392-393, afirmam que a fermentação é um processo anaeróbio, mas não é respiração anaeróbia:

A fermentação é um processo independente do oxigênio no qual o NADH_2 que é produzido durante a glicólise ou outra via de degradação é utilizado para reduzir um aceptor orgânico de elétrons produzido pela própria célula.

Respiração é um processo de regeneração de NAD utilizando NADH_2 como doador de elétrons para um sistema de transporte de elétrons. Se o oxigênio é o aceptor final de elétrons do sistema de transporte, o processo é chamado respiração aeróbia. Entretanto, muitas bactérias podem realizar respiração sob condições anaeróbias utilizando um aceptor final de elétrons diferente do oxigênio, como o nitrato ou o sulfato. Este processo é denominado respiração anaeróbia.

Nas páginas 457 e 471 do mesmo livro, os autores escrevem:

Fermentação: Processo de produção de energia que não envolve a cadeia respiratória.

Respiração anaeróbia: Respiração em que um composto diferente do oxigênio é o aceptor final de elétrons na cadeia respiratória.

Outra dúvida frequente refere-se ao rendimento energético da respiração. O capítulo procura explicar isso, mas reforçamos aqui que nos procariontes é de 38 ATPs e nos eucariontes pode ser 36 ou 38, dependendo do tipo celular e do mecanismo envolvido no transporte do NADH_2 produzido, isto é, se houve ou não gasto de energia.

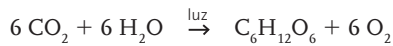
Uma excelente referência bibliográfica sobre esse tema é o livro de MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. *Bioquímica básica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan (Grupo GEN), 2015. Muitas das informações que constam em nosso livro baseiam-se nessa obra indicada a você, professor(a).

Outra questão bastante comentada no meio universitário refere-se ao produto da fotossíntese. Conforme o livro de RAVEN, P. H.; *et al. Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014, o produto da fotossíntese é um açúcar de três carbonos (gliceraldeído), e não a glicose, como sempre se ensinou.

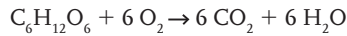
Segundo os autores, embora a glicose seja representada como produto da fotossíntese, na realidade pouca glicose livre é produzida no processo. A maior parte do gliceraldeído formado é levado ao citoplasma, onde forma glicose e frutose, que se unem formando sacarose, enquanto outra parte do gliceraldeído fica no cloroplasto e é convertido em glicose, participando da formação de amido, sendo armazenado, no período luminoso, no estroma, na forma de grãos. À noite, o carbono derivado do amido pode ser levado do cloroplasto para o citoplasma na forma de glicose e, a partir dela, há formação de sacarose, que é transportada para toda a planta.

Outro questionamento importante a ser feito é sobre a equação da fotossíntese *versus* a equação da respiração. Para essa discussão, vamos reproduzir outro trecho do livro *Bioquímica básica*, citado anteriormente, p. 178-179:

A equação geral da fotossíntese é



Essa equação é exatamente o inverso da equação de oxidação total da glicose, que ocorre em todas as células aeróbias:



Deve ser salientado que a fotossíntese não é um processo inverso ao da respiração, comumente definida como a oxidação de glicose a CO_2 e H_2O , sendo esta definição imprecisa, pois compostos como ácidos graxos ou aminoácidos também podem ser oxidados pela respiração (oxidação aeróbia), levando a equações bastantes distintas. A equação aqui apresentada é a da oxidação aeróbia da glicose.

Discute-se isso de forma simplificada no capítulo em que a respiração é estudada a partir da oxidação da glicose, e depois comentamos a oxidação de ácidos graxos e aminoácidos.

Optamos por não abordar no capítulo a síntese do ATP por considerarmos o conteúdo muito complexo para esta obra, destinada ao Ensino Médio. Caso opte por abordar

o tema com os estudantes, fornecemos a seguir informações de apoio.

A síntese de ATP na fotossíntese e na respiração: o que há em comum?

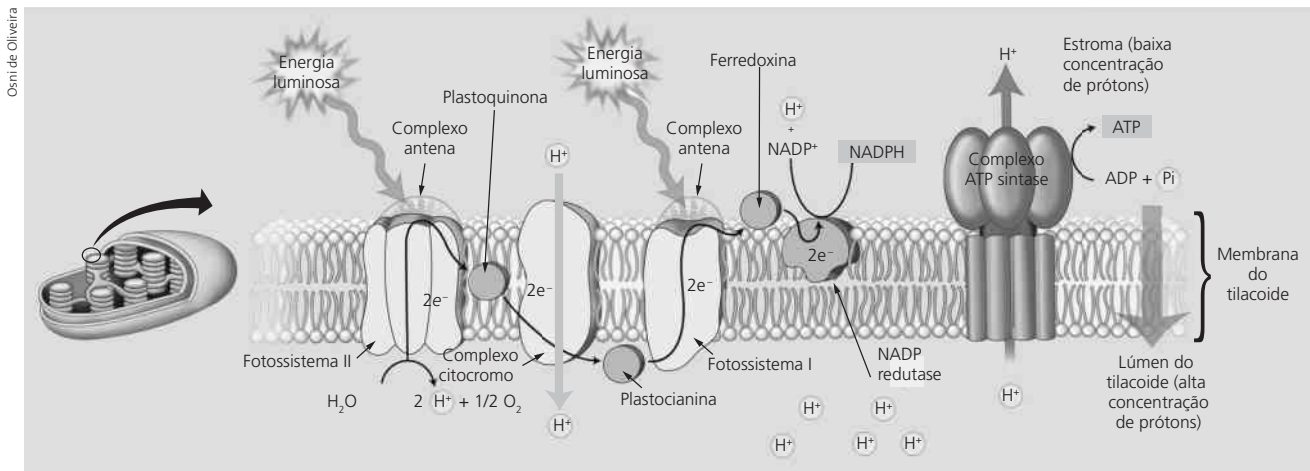
Tanto na fotossíntese quanto na respiração há síntese de ATP.

Na fotossíntese, o ATP é produzido na **fotofosforilação**, que ocorre nas membranas dos tilacoides, e empregado na fase escura para a síntese de carboidrato. Percebe-se, assim, que não há saldo em ATP ao final do processo fotossintético.

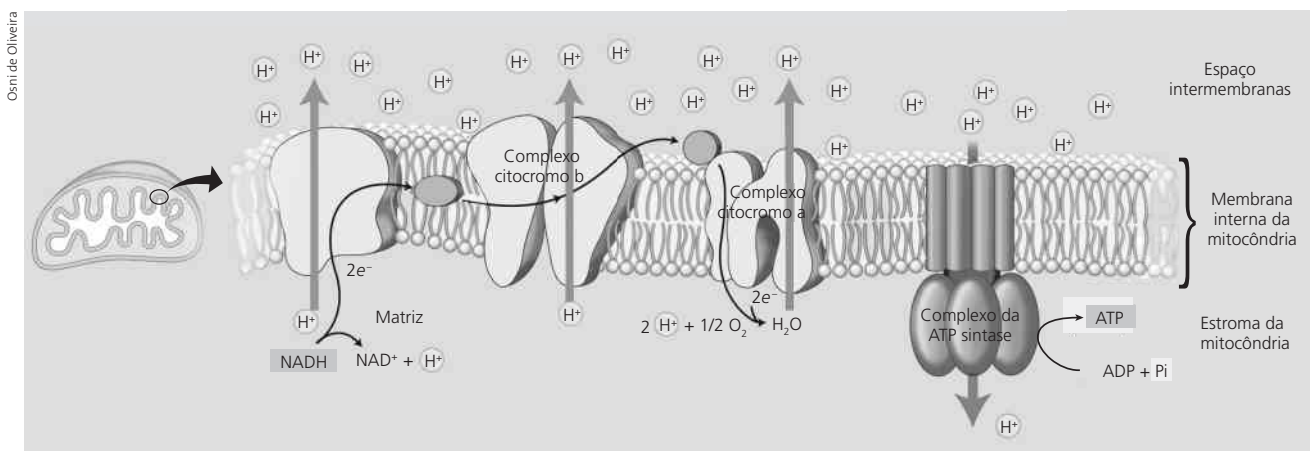
Na respiração, o ATP é produzido principalmente por fosforilação oxidativa, que ocorre na membrana interna das mitocôndrias, e, no final do processo, há saldo de ATP que fica disponível para as várias atividades da célula.

Estudos realizados em 1961 pelo bioquímico Peter Mitchell mostraram que, nos dois casos, a síntese de ATP nessas membranas está relacionada a um mecanismo comum. Por essa descoberta, Mitchell recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1978.

Analise os dois esquemas a seguir e depois acompanhe a descrição pelo texto da página seguinte.



Esquema do mecanismo quimiosmótico da síntese de ATP na fotofosforilação. (Elementos representados em diferentes escalas.)



Esquema do mecanismo quimiosmótico da síntese de ATP na fosforilação oxidativa. (Elementos representados em diferentes escalas.)

Esse processo, que hoje é bem conhecido, recebe o nome de teoria quimiosmótica de produção de ATP (*químico* = processo químico; *osmótico* = transporte através de membrana com permeabilidade seletiva).

Na quimiosmose, ocorrem dois eventos integrados: geração de um gradiente de concentração de prótons H^+ através de membranas e o aproveitamento do potencial de energia gerado por esse gradiente para a formação de ATP.

Na respiração, a oxidação do NADH provoca transferência de prótons da matriz para o espaço intermembranas em três complexos, ao passo que a oxidação do $FADH_2$ só provoca essa transferência em dois complexos. Por isso, a quantidade de ATP produzida a partir do NADH é maior do que a produzida a partir do $FADH_2$.

Tanto na fotofosforilação quanto na fosforilação oxidativa, à medida que os elétrons são transferidos ao longo das cadeias de transporte, a energia liberada em cada passo é empregada para bombear íons hidrogênio (H^+) através da membrana dos tilacoides dos cloroplastos e da membrana interna das mitocôndrias. Isso acontece porque essas membranas são impermeáveis a esses íons, e o transporte deles só pode ser feito com gasto de energia.

Assim, nos cloroplastos, os íons H^+ que estão no estroma são bombeados para o lúmen dos tilacoides (no espaço interno dessas vesículas achatadas). Nas mitocôndrias, os íons H^+ que estão na matriz mitocondrial são bombeados para o espaço entre as membranas interna e externa da mitocôndria. Esses espaços intermembranas ficam, portanto, com alta concentração de íons H^+ em relação ao estroma e à matriz, respectivamente.

Quando se tem duas soluções com concentrações diferentes separadas por uma membrana, o soluto tem tendência para se deslocar, por difusão, do local onde sua concentração é maior para o local onde ela é menor.

Nos cloroplastos, a tendência é a saída de H^+ do lúmen dos tilacoides em direção ao estroma, e nas mitocôndrias é a saída deles do espaço entre as membranas interna e externa para a matriz mitocondrial. Como essas membranas internas são impermeáveis ao H^+ , verificou-se que a única forma de esses prótons voltarem para o estroma ou para a matriz é através de um complexo enzimático denominado **ATP sintase**. Esse complexo é constituído por duas partes: uma delas delimita um canal que atravessa a bicamada fosfolipídica da membrana e por onde os íons H^+ podem passar, e a outra (cabeça) fica voltada para o estroma ou para a matriz mitocondrial. O movimento de prótons por esse sistema faz com que a cabeça do complexo ATP sintase gire. Desse trabalho resulta a síntese de ATP a partir de ADP e P_i .

A quantidade de ATP produzida pela ATP sintase está, assim, relacionada com a diferença de concentração de H^+ através da membrana, gradiente este que se formou com a energia dos elétrons.

O objetivo do texto “Como milho, abacaxi e outras plantas tropicais fixam carbono?” (p. 249) é destacar importantes características das plantas relacionadas à fotossíntese, em função de condições ambientais. A maioria das plantas apresenta metabolismo C3, mas algumas plantas têm um sistema complementar à via C3, chamado via C4. Plantas C4 ocorrem predominantemente em climas tropicais e subtropicais, regiões com predomínio de altas temperaturas, altas intensidades luminosas e pouca disponibilidade de água.

Entre as plantas C4 há espécies economicamente importantes, como milho e cana-de-açúcar, e também muitas ervas daninhas, como tiririca. Plantas C4 conseguem realizar altas taxas de fotossíntese em condições ambientais com alta luminosidade e alta temperatura, além de apresentar tolerância ao estresse hídrico, ou seja, à indisponibilidade de água.

As plantas com metabolismo CAM ocorrem predominantemente em climas áridos e semiáridos e apresentam baixa taxa de fotossíntese. Algumas podem alterar o metabolismo fotossintético, passando de CAM para C3 e vice-versa, dependendo da condição ambiental: quando há disponibilidade de água, as plantas podem passar para C3 (CAM facultativas). Muitas plantas, no entanto, são CAM obrigatórias.

O que diferencia plantas de metabolismo CAM das demais é que o processo de fixação de CO_2 ocorre durante a noite. O nome CAM significa metabolismo ácido das crassuláceas, pois é comum nessas plantas e também nas cactáceas, bromeliáceas, orquídeas, euforbiáceas. Dentre as plantas CAM cultivadas, podemos citar o abacaxi e o agave. Cerca de 50% das plantas CAM são epífitas.

Mais informações sobre a fixação de carbono pelas plantas podem ser obtidas em:

- <<http://www.fisiologiavegetal.ufc.br/APOSTILA/FOTOSSINTESE.pdf>>
- <<http://felix.ib.usp.br/pessoal/marcos/minhaweb3/PDFs/Pratica%20fotossintese.pdf>>. Nesse material há um interessante texto explicativo, acompanhado de uma sugestão de aula prática, entretanto, a prática não é de fácil realização no Ensino Médio.
- <http://www.joinville.udesc.br/sbs/professores/arlando/materiais/TEXT07_TABELA_DAS_PRINCIPAIS_DIFERENCAS_ENTRE_PLANTAS_C3_C4_E_CAM_2005.pdf>

Acessos em: mar 2016.

O texto “Ciclo de Krebs: a grande encruzilhada metabólica da célula” (p. 254) tem por objetivo principal mostrar um pouco da complexa rede de relações metabólicas envolvendo a quebra intracelular de moléculas orgânicas

na respiração, desmistificando a ideia de que apenas a glicose participa do processo. Além disso, contextualiza para o estudante como, a partir de uma alimentação com excesso de carboidratos, podem ser gerados ácidos graxos, e haver acúmulo de lipídio como substância de reserva, levando a pessoa ao aumento de peso. Evidencia também a importância de uma dieta rica em proteínas variadas, pois nem todas as demais substâncias orgânicas podem dar origem a aminoácidos. Pretende-se, assim, trazer, a partir de um contexto do metabolismo, explicações relacionadas com a dieta que são mais relevantes ao estudante.

■ Orientações sobre os boxes

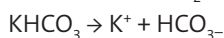
Despertando ideias

p. 241 – Luz e fotossíntese

Aqui, tratamos de um experimento muito simples, mas cujo resultado precisa ser interpretado com cautela. Sabemos que a fotossíntese libera gás oxigênio, mas podemos afirmar que as bolhas formadas são desse gás? Além da demonstração em si, esse é o ponto mais importante desta atividade.

Apenas no final, depois que os estudantes já formularam suas conclusões, você poderá dizer a eles que somente a formação de bolhas não evidencia a liberação de oxigênio pela planta. Na ausência de *Elodea* sp., podem-se usar ramos de outras plantas aquáticas, adquiridas em lojas de aquarismo, ou obtidas em lagos ou lagoas. Nesse caso, a coleta deve ser feita por você.

Um aspecto adicional relaciona-se com a Química e diz respeito à função do bicarbonato. Se julgar conveniente, você pode apresentar aos estudantes o equilíbrio químico envolvendo CO_2 e bicarbonato:



(dissociação do bicarbonato de potássio em solução aquosa)



Da forma como está escrito, a adição do produto favorece a reação no sentido do reagente, isto é, do CO_2 , tendo o ácido carbônico como intermediário.

Respostas esperadas:

1. Significa que o controle serve para identificar quais alterações foram causadas pela variável analisada (no caso, a luz) e quais alterações são próprias do sistema.
2. Os resultados devem ser diferentes. No recipiente iluminado há desprendimento de gás, que fica acumulado no ápice do tubo de ensaio.
3. Na presença de luz há desprendimento de gás, e este deve ser o gás que fica acumulado no ápice do tubo de ensaio. Não dá para ter certeza se esse gás é o oxigênio, mas a montagem comprovou que a planta iluminada libera um gás, que não é liberado pela planta no

escuro. Pelo conceito de fotossíntese este gás deve ser o oxigênio. Há um teste que seria retirar com cuidado o tubo de ensaio e aproximar da abertura do tubo um palito em brasa. O gás oxigênio reaviva a chama. Como há risco para o estudante, não devemos fazer essa experimentação.

4. Resposta pessoal.

p. 243 – A influência da luz na percepção das cores

Antes de falarmos da fotossíntese, propomos esta atividade que tem por objetivo levar o estudante a perceber que, ao colocarmos uma planta verde em um ambiente onde a única luz é vermelha ou azul, nós a veremos escura (preta), pois ela absorve a luz disponível, não refletindo nada para nossos olhos – daí a vermos escura.

O preto é ausência de luz. Fica, então, a pergunta: E se iluminarmos uma planta verde com luz puramente verde? Sabendo que a clorofila é um pigmento que reflete o verde, nós a veremos dessa cor.

Um ponto importante aqui é ajudar os estudantes a fazerem a ponte entre cores e frequências. Se achar conveniente, pode partir de como se dá a percepção das cores por nós mesmos. O link <<http://www2.ic.uff.br/~aconci/curso/percep~1.htm>> (acesso em mar. 2016) traz um texto muito conciso, porém razoavelmente informativo.

É um bom momento para alertar os estudantes para o fato de que a imagem que temos do mundo é aquela que nossa percepção fornece. Outros animais podem percebê-lo de modo bastante diferente, como mostra o artigo Pesquisa explica como as abelhas enxergam o mundo, disponível em: <<http://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,pesquisa-explica-como-as-abelhas-enxergam-o-mundo,653064>>. Acesso em: mar. 2016.

p. 244 – Quais comprimentos de onda são importantes para a fotossíntese?

Esse é um experimento que trata da qualidade da luz, desenhado com base em uma pergunta (indagação) inicial. Se o que interessa é decidir quais comprimentos de onda são mais eficientes na fotossíntese, então as diferentes montagens devem distinguir-se apenas por esse aspecto. Seria muito interessante discutir com os estudantes como o celofane colorido atua, filtrando os comprimentos de onda (cores) que não são da sua cor. O celofane de cor vermelha, por exemplo, permite preferencialmente a passagem desse comprimento de onda, retraindo grande parte dos demais. Pergunte a eles como veriam a cor de um objeto inteiramente azul através de um celofane vermelho. Se o filtro suprime o que não é vermelho, o objeto seria visto como preto (se a supressão não é total, não será preto, mas sim um tom muito escuro). Uma planta verde vista através do celofane vermelho também pareceria muito escura, mostrando que

esse filtro absorve (não deixa passar) o comprimento de onda do verde. Na página anterior à do experimento, apresentamos um gráfico que mostra o espectro de ação da luz sobre a fotossíntese, ou seja, uma representação de como a taxa fotossintética líquida (medida pelo volume de O_2 liberado por unidade de tempo) varia em função do comprimento de onda. Ele pode ser revisto pelos estudantes para facilitar a previsão dos resultados do experimento proposto.

Finalmente, outro ponto importante em termos dos resultados relaciona-se com a quantidade total de radiação recebida pelas plantas nas diferentes montagens. Considerando que essa quantidade total se refere ao conjunto dos comprimentos de onda, sempre que um ou mais comprimentos de onda forem suprimidos pelo filtro (celofane colorido), a quantidade total de radiação inevitavelmente diminuirá. Infelizmente, nas condições simples em que o experimento é concebido, é impossível equalizar perfeitamente a intensidade das diferentes radiações monocromáticas (azul, verde e vermelho), a fim de isolar apenas o aspecto qualitativo. Por outro lado, os celofanes das diferentes cores podem ser considerados, para fins didáticos, igualmente transparentes, o que tende a diminuir a importância do aspecto quantitativo na diferenciação entre os resultados das montagens. Essa questão metodologicamente crucial do isolamento do aspecto qualitativo deveria ser discutida com os estudantes. Como se faria para assegurar que todas as plantas recebessem a mesma intensidade de radiação nas diversas montagens? Seria necessário poder controlar a intensidade da fonte em cada montagem, ajustando-a de modo a conseguir uma determinada luminosidade no espaço interno onde ficam as plantas, independentemente da cor.

Respostas esperadas:

1. Azul e vermelho.
2. A montagem corresponde ao controle. A montagem com celofane incolor é um controle em que se utiliza o mesmo material plástico usado nas outras montagens, só que sem ação filtrante diferenciada por cores. Serve para estabelecer a intensidade da fotossíntese (volume de O_2 liberado no período experimental de tempo), sem selecionar este ou aquele comprimento de onda.
3. Espera-se que sim.
4. Seria esperada a maior quantidade de gás na montagem com celofane incolor, quantidades intermediárias com celofane vermelho e azul, e quantidade menor com celofane verde. No primeiro caso, porque praticamente toda a radiação atravessa o material celofane; no caso do vermelho e do azul, porque os comprimentos de onda do azul e do vermelho são mais eficientemente absorvidos pela clorofila do que o comprimento de onda do verde e, portanto, melhor aproveitados energeticamente.

■ **Orientações e sugestões de respostas das atividades**

p. 258 – Tema para discussão

Como adquirir um bom condicionamento físico

O **Tema para discussão** aborda um assunto de extrema importância para a formação do estudante: como adquirir um bom condicionamento físico, relacionando-o à respiração.

Aproveite que esse tema normalmente desperta o interesse dos estudantes e proponha a elaboração de algum material midiático, como um documentário ou uma série de entrevistas com especialistas e praticantes de esportes, por exemplo. Esse material pode ser produzido com a ajuda de câmeras digitais ou celulares.

Se houver possibilidade, esse tema deve ser explorado interdisciplinarmente com a área de Educação Física, discutindo o significado da ginástica aeróbica, propondo que contenha a pulsação antes e imediatamente após alguma atividade física. Integrar os conteúdos com outros setores do conhecimento é fundamental para que a turma amplie sua visão de mundo.

Toda atividade física deve ser orientada e adequada a cada tipo de pessoa, começando de forma menos intensa, levando o corpo a se ajustar às modificações que surgem. Não se deve iniciar com exercícios intensos, pois podem surgir dores musculares. O ideal é aumentar a intensidade dos exercícios ao longo do tempo.

Atividades físicas bem orientadas são benéficas para o sistema cardiovascular, favorecem uma vida longa e sadia, relaxam o corpo pela liberação da substância endorfina, a qual diminui a dor e aumenta a sensação de bem-estar.

p. 259 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Fotossíntese e mudanças climáticas

Sobre a estratégia:

É apresentado um texto de divulgação científica sobre o efeito de mudanças climáticas na natureza. Mais uma vez é exigido que os estudantes sejam capazes de aplicar conhecimentos específicos adquiridos para compreender outros detalhes do assunto tratado.

Este texto traz uma boa oportunidade para levantar a discussão entre os estudantes a respeito do papel da floresta na manutenção dos estoques de carbono e do clima no planeta. Mais uma vez deverão ser alertados sobre a importância de uma área específica do conhecimento para a compreensão de questões bem mais abrangentes.

Atualmente, há enorme quantidade de informações sobre o sequestro de carbono, cujo entendimento é crucial para quem se propõe a manejar o teor desse gás na atmosfera, que depende do balanço entre as vias de entrada (emissões) e de saída (sequestro).

Apesar de esta atividade enfatizar o sequestro do carbono pela atividade fotossintética, principalmente das florestas, você poderá discutir com os estudantes outras vias naturais de retirada do gás carbônico atmosférico, não só por sistemas terrestres como também pelos oceanos. Além disso, poderá também estender a discussão para mecanismos artificiais ou induzidos pelo ser humano.

O que se espera:

- a) O sequestro de carbono é a captação do carbono presente na atmosfera (na forma principalmente de CO_2), seja por meio da fotossíntese, seja por outras vias, assimilando-o na forma de compostos não gasosos. Exemplos: celulose e amido presentes nos vegetais, além de sedimentos e matéria orgânica morta. Outra forma de sequestro de carbono é a formação de estoques mais ou menos estáveis de gás metano dissolvido ou “congelado” em águas profundas.
- b) Diminuir a queima de combustíveis fósseis, diminuir os desmatamentos (reduzindo a quantidade de matéria orgânica em decomposição), diminuir queimadas de vegetação.
- c) A seca causa a morte de plantas e com isso reduz a biomassa fotossintetizante. Consequentemente há diminuição da taxa fotossintética geral, reduzindo a assimilação do carbono e aumentando sua devolução à atmosfera por meio da decomposição de matéria orgânica morta adicional. Além disso, mesmo nas plantas ainda vivas, a baixa disponibilidade de água limita o processo fotossintético, uma vez que ela é uma matéria-prima fundamental.

Atividade 2: Mitocôndrias e atividade metabólica

Sobre a estratégia:

No trecho extraído de uma reportagem, é fornecida uma informação não tratada neste capítulo, mas comentada quando se falou sobre a evolução da célula por endossimbiose.

Se possível, repasse para os estudantes a íntegra do texto de onde foi extraído o trecho incluído na atividade: Mitocôndria, um E.T. na célula, disponível em: <<http://super.abril.com.br/ciencia/ela-e-a-caoa-de-doencas-quando-funciona-mau-mitochondria-uma-et-na-celula>>. Acesso em: mar. 2016.

Aqui é interessante fixar o conceito de que o número de mitocôndrias de uma célula está relacionado com a sua atividade metabólica.

Um texto mais aprofundado sobre a influência da atividade física sobre o tamanho e o número de mi-

tocôndrias nas células musculares pode ser encontrado na obra: JESUS, G. M. de. *Adaptações fisiológicas e morfológicas das mitocôndrias ao treinamento de endurance*. Monografia (Especialização em Fisiologia do Exercício) – Universidade do Estado da Bahia, Salvador, 2003. 58 p., e que pode ser acessada pelo link: <<http://www.efdeportes.com/efd63/mitoc.htm>>. Acesso em: mar. 2016.

O que se espera:

- a) Porque precisam compensar seu maior gasto de energia com a maior produção de ATP por meio da intensificação da respiração celular, que ocorre em parte nas mitocôndrias. Isso se faz tanto pelo aumento do tamanho quanto do número de mitocôndrias por célula.
- b) Essa menção se deve ao fato de que as mitocôndrias são estruturas que evoluíram a partir de organismos procariontes independentes, que estabeleceram uma relação mutualística com células mais complexas.

Atividade 3: Fermentação e combustível renovável

Sobre a estratégia:

Pretendemos trazer para os estudantes questões ambientais relevantes e estimulá-los a aplicar seus conhecimentos acerca de assuntos específicos em uma questão mais ampla. A organização das informações em um esquema pelos educandos é muito importante para que aprendam a fazer elaborações mais abrangentes sobre um tema.

Este assunto pode ser bem explorado se você pedir aos estudantes que pesquisem sobre o Programa Nacional do Álcool, a participação do álcool combustível na economia brasileira e as consequências ecológicas da expansão das plantações de cana-de-açúcar, relacionadas com o desmatamento e a destruição de ecossistemas nativos. Esse último aspecto já foi tratado antes (capítulo 6), mas a parte do problema que diz respeito à importância da expansão da produção para o desenvolvimento do país não foi enfatizada naquela oportunidade.

O tema abordado aqui é de interesse nacional, afetando de modos distintos diferentes segmentos da sociedade e os próprios ecossistemas naturais. Poderia ser proposta uma pesquisa voltada para o avanço das plantações sobre o Cerrado brasileiro. A seleção dos textos, por seu conteúdo e pertinência, é o primeiro desafio; essa habilidade tem sido treinada em atividades de capítulos anteriores. O resultado da busca provavelmente conterà grande quantidade de tabelas com dados sobre a variação temporal das áreas plantadas, produtividade das plantações, quantidades de açúcar e álcool envolvidas, volume de dinheiro envolvido etc. Com base nessas tabelas, por vezes com estrutura complicada, os educandos podem exercitar a preparação de novos tipos de gráfico, como

os de colunas ou barras. O produto final poderia ser apresentado como uma reportagem de alerta sobre a conversão de ecossistemas naturais de alta diversidade em monoculturas para produção de combustível.

O que se espera:

- a) No esquema devem estar indicadas a fotossíntese, a respiração celular, a fermentação alcoólica e a combustão. O gás carbônico é assimilado na fotossíntese e é eliminado na respiração celular, na fermentação alcoólica e na combustão.
- b) Pela queima de combustíveis fósseis. O texto refere-se ao carvão mineral e a derivados de petróleo.
- c) É o viés da destruição dos ecossistemas naturais (especialmente matas e cerrado) para atender à necessidade de expansão das plantações de cana-de-açúcar. Aqui os educandos podem comentar o ritmo de substituição das matas e dos cerrados naturais pelas plantações de cana-de-açúcar, as decorrências climáticas do aumento do desmatamento, a perda da biodiversidade, alteração das características do solo etc. Você pode sugerir que o tema seja pesquisado em outras fontes confiáveis, por se tratar de um assunto amplamente discutido atualmente.

Atividade 4: Amido e fotossíntese

Sobre a estratégia:

Como em várias outras atividades, procuramos exercitar a formulação de hipóteses e desenvolver a visão crítica da metodologia adotada. Aqui fazemos a sequência reversa, apresentando a ação e solicitando uma hipótese coerente. Uma vez estabelecidos a hipótese e o método, pode-se fazer a previsão dos resultados assumindo-se a validade da hipótese.

A respeito da pergunta **a**, embora não possamos medir a taxa de fotossíntese propriamente dita devido a desconhecermos a taxa respiratória, como todas as plantas estão no mesmo ambiente, suas taxas respiratórias devem ser aproximadamente iguais e, assim, o fator respiração não afeta a comparação entre os tratamentos.

O que se espera:

- a) O procedimento não é válido, pois a quantidade de amido presente nas folhas corresponde a material estocado. A atividade fotossintética produziu mais do que isso, pois uma parte obrigatoriamente terá sido usada no metabolismo.
- b) “A quantidade de amido nas folhas varia com o tipo de luz disponível.”
- c) Esperaria quantidades de amido maiores nas folhas de plantas mantidas em luz branca, intermediárias em luz vermelha e baixas em luz verde. A luz branca combina todas as frequências ou cores e, portanto, tem mais energia do que se selecionarmos apenas uma ou algumas das cores, como o vermelho ou o verde. A es-

tocagem de amido é menor nas plantas sob luz verde, pois a energia correspondente a essa cor é em grande parte refletida pelas folhas verdes, que então não têm energia disponível para absorver; com isso a fotossíntese fica limitada e os estoques de amido tendem a reduzir-se.

CAPÍTULO 12

■ Núcleo, divisões celulares e reprodução

Até o momento, foram estudados os envoltórios celulares e o citoplasma. Agora, os estudantes conhecerão com mais detalhes o núcleo. Neste capítulo, discutem-se suas estruturas e funções, além do seu comportamento durante as divisões celulares (mitose e meiose). Também será examinada a estrutura do DNA e, de forma superficial, sua duplicação, deixando toda a parte que envolve o conceito de genes, transcrição e síntese proteica para o volume 3 desta coleção, na unidade de Genética.

Também serão analisadas as principais modificações que ocorrem no núcleo e no citoplasma durante as divisões celulares, mitose e meiose e, por último, tratamos de cariótipo e das consequências da não disjunção de cromossomos homólogos durante a meiose.

Entender o processo de mitose é fundamental para os estudantes. É essencial que compreendam que as células do corpo, por meio de divisão mitótica, repõem outras que morreram e que um eventual descontrole nesse mecanismo de divisão pode ser responsável por gerar tumores, benignos ou não, e que em muitos organismos a mitose é responsável pela reprodução assexuada.

Mitose e meiose podem ser bem exploradas em sala de aula, seja por meio de recursos visuais, de figuras já prontas ou construídas à medida que se analisa o processo. Uma boa atividade para abordar esses conteúdos é o uso de barbantes curtos e coloridos ou mesmo de massa de modelar, para que os estudantes elaborem seus esquemas de mitose e de meiose de forma lúdica.

Uma colocação importante precisa ser feita sobre a nomenclatura presente nas fases da mitose e da meiose: para que os estudantes entendam como o processo ocorre de modo contínuo, o melhor caminho é apresentar todo o processo de divisão, sem considerar o nome de nenhuma fase, e, somente depois, expor as figuras que as identificam, esclarecendo que essa divisão é apenas didática. Enfatizar que cada fase é caracterizada pela ocorrência de um ou mais eventos novos e importantes, que interferem no processo como um todo.

Com relação ao número e à denominação das fases, optamos por considerar apenas quatro delas – prófase, metáfase, anáfase e telófase –, suprimindo a prometáfase.

No livro de ALBERTS, B. *et al. Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010, é possível encontrar boas explicações para diversos temas sobre citologia, além de mitose e meiose.

Gostaríamos de ampliar um pouco o que foi escrito no texto sobre o deslocamento dos cromossomos na anáfase. Para isso, utilizamos como base a explicação que consta do livro citado acima.

Na anáfase dois processos estão relacionados com o deslocamento dos cromossomos para os polos das células:

- os cromossomos filhos são puxados para polos opostos, enquanto os microtúbulos cinetocóricos (fibras do fuso) se despolimerizam nos cinetócoros. A força conduzindo esse movimento é principalmente gerada no cinetócoro;
- os dois polos do fuso afastam-se como resultado de duas forças: (1) o alongamento e o deslizamento dos microtúbulos polares uns sobre os outros empurram os dois polos e (2) forças de repulsão exercidas pelos microtúbulos mais externos de cada polo do fuso afastam os polos um do outro, em direção ao córtex da célula. Acredita-se que todas essas forças dependem da ação de proteínas motoras associadas com os microtúbulos.

Outra observação a ser feita é em relação aos conceitos de mitose, cariocinese e citocinese. Há autores que consideram a mitose como uma divisão da célula, incluindo a cariocinese e a citocinese. Porém, para outros pesquisadores, entre eles Alberts e seus colaboradores, a mitose corresponde à divisão do núcleo e, portanto, à cariocinese, enquanto a citocinese seria um processo independente.

Uma vez que o estudante já está familiarizado com as mudanças que ocorrem durante a divisão mitótica, passamos, então, a falar em meiose, que é a base para o entendimento da Genética. Esse processo deve ser bem entendido e dominado pelos estudantes, mas, neste momento, convém limitar-se aos mecanismos e processos, sem que haja memorizações, por exemplo, as subfases da meiose I.

Novamente nos deparamos com um tema muito importante e que pode se tornar cansativo para os estudantes se exigirmos que memorizem as diferentes subfases. O capítulo trata, ainda, de algumas síndromes decorrentes da não disjunção cromossômica durante o processo de meiose e finaliza com um texto sobre reprodução.

Para complementar este assunto, sugerimos como fonte de consulta para você, professor(a), a exemplo do capítulo anterior, o livro de OTTO, P. A.; OTTO, P. G.; FROTA-PESSOA, O. *Genética humana e clínica*. 2. ed. São Paulo: Roca, 2004, em que há várias informações sobre doenças humanas causadas por mutações gênicas e cromossômicas.

Ao tratar de divisão celular em células animais, uma curiosidade é sobre a divisão celular de células nervosas. Novos neurônios podem ser formados no cérebro a partir de células indiferenciadas, falando-se em neurogênese, mas um neurônio já diferenciado não se divide mais. Ele pode regenerar parte de seu axônio. Esse tema será retomado no volume 3 desta coleção, quando tratarmos dos tecidos do corpo humano.

Ao tratar de reprodução assexuada, seria interessante explicar aos estudantes que na agricultura é comum a seleção de características das plantas que são de interesse comercial, mantendo essas características inalteradas por técnicas de reprodução assexuada. Os riscos nesses casos podem ser grandes, pois culturas inteiras podem ser dizimadas caso ocorra no meio alguma alteração que afete esses organismos.

A reprodução humana será nosso objeto de estudo no próximo volume desta coleção. Nele analisaremos também o desenvolvimento embrionário, a anatomia e a fisiologia humanas, passando em seguida ao estudo da hereditariedade, procurando compreender como ocorre a transmissão das características hereditárias ao longo das gerações, o que são e como atuam os genes. O estudo dos processos evolutivos fechará os temas do volume 3 desta coleção.

O texto “Entendendo a base biológica do câncer” (p. 270) aborda um tema que, ao se falar em mitose, serve para contextualizar os estudantes sobre o assunto: o câncer. São várias as causas do câncer, mas o tumor se forma pelo descontrole da divisão mitótica.

Entender como se faz um cariótipo e que informações ele pode trazer ilustra um dos aspectos da importância de se compreender o que acontece durante a divisão celular. Assim, pretendemos com o texto “Cariótipo e idiograma” (p. 274), mais uma vez, contextualizar o conhecimento científico.

■ Orientações sobre o boxe *Despertando ideias*

A importância do núcleo

Antes de começarmos a falar sobre o núcleo, apresentamos para os estudantes interpretarem os resultados de dois experimentos clássicos visando entender o papel do núcleo:

um deles com *Acetabularia* e o outro com ameba. Nossa intenção ao fazer isso é levar o estudante a pensar e discutir, com base em dados experimentais, sobre propostas das funções do núcleo celular, como foi feito no passado.

1. O núcleo é importante para a célula crescer e se dividir.
2. Resposta pessoal.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 281 – Tema para discussão

Consequências da não disjunção dos cromossomos na meiose humana

Um diálogo com os estudantes sobre temas da atualidade e que envolvem aspectos delicados abre as duas primeiras questões do **Tema para discussão**. Você, professor(a), nesse momento, deve incentivar os estudantes a expressar suas opiniões e mostrar que todos devemos respeitar os diferentes pontos de vista, considerando os valores éticos e religiosos de cada um. Seria interessante levar a Constituição e outros documentos legais pertinentes para os estudantes ou pedir que pesquisem esse tema, analisando o que pensam a respeito da legislação em vigor.

A Síndrome de Down é uma das aneuploidias mais comuns entre os seres humanos. Se achar conveniente, peça aos educandos que se informem sobre ela e procurem por entidades que se preocupam com a inclusão social dessas pessoas. Se houver possibilidade, estimule os estudantes a atuarem como voluntários nesses locais. Sugira também a eles que discutam sobre a inclusão social das pessoas com deficiências e publiquem suas conclusões no *blog* da turma ou em redes sociais.

Apresentamos a seguir um texto somente para sua reflexão, professor(a).

Aborto por anomalia fetal

O diagnóstico pré-natal (DPN) de anomalias fetais foi uma aquisição incorporada à medicina na década de [19]50 nos países desenvolvidos, e iniciada no Brasil no final dos anos [19]70. Nos últimos anos desenvolveu-se uma nova área multidisciplinar de atuação, denominada Medicina Fetal, que incorporou às técnicas de diagnóstico as possibilidades da terapêutica intrauterina. [...]

O diagnóstico de anomalias fetais foi mais influenciado por fatores sociais que por avanços técnicos. Sua evolução dependeu das mudanças de atitudes que a sociedade foi apresentando, à medida que a industrialização prolongava a vida média das pessoas, hoje de 80 anos nos países desenvolvidos, ao mesmo tempo que a mulher ganhava espaço na vida produtiva. As

mulheres que procuravam prosseguir os estudos e entravam no mercado de trabalho adiavam a maternidade até a quarta década de vida, passando a constituir um grupo de gestantes de maior risco genético para aberrações cromossômicas. O DPN permitiu a identificação de fetos portadores de aberrações cromossômicas e colocou aos olhos de todos a questão do aborto por anomalia fetal.

[...]

Nesse ponto entra a questão: o que fazer diante de uma anomalia fetal grave e incurável?

O aborto de um feto com anomalia grave sempre foi motivo de tensão, mesmo porque muitos profissionais envolvidos no tratamento dessa questão consideram o aborto uma solução inaceitável. O enfrentamento da questão suscitou, nos países desenvolvidos, no final da década de [19]60, incansáveis discussões na categoria médica e fora dela, além de envolver os casais que estavam gerando fetos anormais.

No Brasil, a introdução das técnicas de diagnóstico pré-natal só ocorreu em 1979 e, conseqüentemente, todo o debate em relação ao aborto por anomalia fetal se iniciou muito depois do ocorrido nos países de primeiro mundo. Na verdade esta questão só recebeu espaço na imprensa e passou a ser discutida pela sociedade brasileira a partir de 1992, quando foi constituída a Comissão de Estudo para Reformulação do Código Penal. [...]

Observando-se a questão de uma maneira mais ampla, nos países de primeiro mundo o ônus de uma criança deficiente recai primordialmente sobre o Estado. Esse, por sua vez, provê a família com recursos adequados de reabilitação e insere o deficiente da melhor maneira possível dentro da sociedade. No Brasil não ocorre o mesmo. O ônus do deficiente recai integralmente sobre a família. Ainda pior: muitos planos de assistência médica e seguros-saúde se desobrigam de fornecer cobertura em casos de anomalia congênita ou moléstia hereditária. A equação é duplamente perversa em nosso caso. O casal é obrigado a manter a gravidez de um feto anormal, e por ocasião do nascimento da criança não tem recursos para cuidar dela!

É fácil entender também por que nos países desenvolvidos são elaborados programas nacionais para detecção de anomalias fetais.

[...]

Nossa experiência em 19 anos de trabalho convivendo com pacientes de diferentes credos e extratos sociais é que em 92% dos casos no Brasil, diante de uma anomalia fetal, a opção do casal é pela interrupção de gestação [...].

Será ético que em uma situação dessa natureza o casal não seja atendido em um hospital adequado e por médico competente?

Não nos parece que a resposta a essa questão deva ser consensual. Todas as opiniões devem ser respeitadas. Parece-nos indiscutível, entretanto, que o pluralismo deva ser respeitado e que os pacientes tenham direito ao livre arbítrio. Haverá certamente entre os médicos aqueles que, por motivos diversos, inclusive religiosos, consideram ser impossível atuar em uma interrupção de gravidez. Entretanto, seguros estamos que existirão outros que assumirão esses casos dentro da mais elevada ética médica!

Temos visto em meios leigos de comunicação, uma abordagem superficial e tendenciosa das anomalias fetais. É fundamental fornecermos ao casal ou à gestante todas as informações que dizem respeito à patologia fetal diagnosticada. Evolução, reabilitação, perspectivas para a vida adulta e complicações nas diversas etapas da vida fazem parte de um aconselhamento genético competente. Uma decisão por parte do casal depende de informação adequada.

[...]

“Tem a mãe o direito de levar à frente uma gestação com uma criança gravemente afetada, quando isso representa uma carga financeira e social imensa para toda a sociedade? Pode uma mãe recusar um tratamento intraútero para uma moléstia fetal curável?”

Podemos ver que as reflexões não se esgotam nesse modesto texto, e nem é nossa pretensão responder a todas as possíveis questões éticas nele envolvidas. Pensamos ser importante iniciarmos o debate.

GOLLOP, T. R. Aborto por anomalia fetal. Disponível em: <http://revistabioetica.cfm.org.br/index.php/revista_bioetica/article/viewFile/445/328>. Acesso em: mar. 2016.

A terceira questão proposta é fundamental para a compreensão dos processos de divisão celular e de como ocorrem as mutações cromossômicas. Trabalhar com massa de modelar nesse momento é bastante produtivo e motivador para o estudante. Os processos de mitose e de meiose ficam mais fáceis de entender se usarmos esse recurso.

A construção de modelos para o entendimento de célula, mitose e meiose auxilia muito na aprendizagem. É importante usar a criatividade na elaboração dos modelos, que podem ser feitos de cartolina, massa de modelar e vários outros materiais.

p. 282 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Citoesqueleto e divisão celular

Sobre a estratégia:

Uma dúvida possível dos estudantes relaciona-se com o termo polimerização. É bom lembrá-los de que polímeros são encadeamentos de unidades que se repetem. Proteínas, ácidos nucleicos e polissacarídeos (amido, celulose) são polímeros de aminoácidos, nucleotídeos e monossac-

rídeos, respectivamente. Quando moléculas de tubulina se ligam umas às outras, formam-se os microtúbulos propriamente ditos. É aí que a colchicina interfere.

Neste momento, retome as fases dos processos de divisão celular. É possível envolver todos os estudantes, pedindo que o auxiliem a representar na lousa as fases e suas características.

O que se espera:

- A colchicina inibe a formação do fuso de divisão celular, impedindo, por exemplo, a migração dos cromossomos-irmãos para os polos opostos da célula.
- Não constituindo o fuso, as mitoses ficam interrompidas na metáfase; assim sendo, não se encontram células em fase posterior a esta (anáfase, telófase, citocinese).
- Porque na metáfase os cromossomos estão no grau máximo de condensação e, desse modo, são de mais fácil visualização e identificação, o que é essencial no estudo dos cariótipos.

Atividade 2: Interpretando idiogramas

Sobre a estratégia:

A preocupação maior nesta atividade é deixar claros os conceitos de haploide e diploide para os estudantes. Como complementação, outras representações de cariótipos podem ser encontradas na internet dando preferência a imagens integrantes de artigos científicos. Os esquemas de cromossomos metafásicos apresentados no livro foram elaborados a partir de fotografias em trabalhos científicos.

Com base na classificação morfológica baseada na posição do centrômero (como apresentado neste capítulo), os estudantes podem fazer um exercício de organização dos cromossomos a partir de um idiograma copiado em uma folha de papel. Cada cromossomo duplicado seria recortado, medido em termos de sua extensão e classificado morfológicamente. As unidades seriam então emparelhadas, postas na sequência do maior para o menor comprimento e coladas em um cartão com legendas indicando seu tipo.

O que se espera:

a)

Espécie	Número haploide	Número diploide
<i>Alstroemeria aurea</i>	n = 8	2n = 16
<i>Ischnocnema juipoca</i>	n = 11	2n = 22
<i>Phyllomedusa distincta</i>	n = 13	2n = 26

b)

Célula	Número de cromossomos
Fígado de <i>Ischnocnema juipoca</i>	22
espermatozoides de <i>Phyllomedusa distincta</i>	13
cérebro de <i>Phyllomedusa distincta</i>	26
Óvulo de <i>Ischnocnema juipoca</i>	11
Óvulo de <i>Phyllomedusa distincta</i>	13
Pétala de <i>Alstroemeria aurea</i>	16

- c) 1, metacêntrico; 2, submetacêntrico; 6, telocêntrico; 8, acrocêntrico.
 d) 1, metacêntrico; 2, submetacêntrico; 8, acrocêntrico; 11, acrocêntrico.

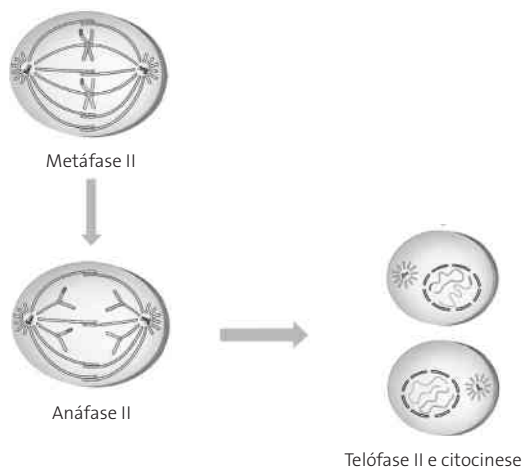
Atividade 3: Interpretando gráficos

Sobre a estratégia:

No gráfico apresentado na atividade, você, educador(a), pode considerar a variável tempo como sendo contínua. Que novo tipo de informação pode ser extraído do gráfico apresentado aqui? A inclinação dos segmentos informa sobre a velocidade da variação da quantidade de DNA nas fases correspondentes. O tamanho da projeção de cada segmento sobre o eixo das abscissas, por seu lado, informa a duração de cada fase.

O que se espera:

- a) Meiose, porque esse processo é reducional, ou seja, no final da divisão há metade da quantidade de DNA da célula original em cada célula-filha.
 b) Respectivamente 44, 22 e 11 moléculas.
 c)



- d) O intervalo entre **a** e **b** corresponde ao período G_1 e é o mesmo nos dois casos. Nele, cada cromossomo apresenta-se em sua forma simples não condensada. No exemplo, apresenta-se a configuração interfásica inicial com 22 moléculas de DNA – as distinções entre mitose e meiose só aparecem depois do período G_2 .

Atividade 4: Interpretando fotomicrografias

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, a habilidade a ser trabalhada é a de reconhecer padrões em imagens de materiais biológicos reais. Foram selecionadas algumas partes das fotomicrografias de tecido meristemático, indicadas com setas numeradas.

Ao estabelecer o motivo da associação de cada parte indicada com esta ou aquela fase da divisão celular, o estudante já estará resgatando o que caracteriza cada uma.

O que se espera:

- a) **Fotomicrografia A:** I – telófase; é possível reconhecer a separação entre as células-filhas antes mesmo da desespiralização dos cromossomos.
Fotomicrografia A: II – anáfase; os cromossomos estão sendo puxados para os polos (pelas fibras do fuso).
Fotomicrografia B: III – prófase; início da condensação dos cromossomos.
Fotomicrografia C: IV – metáfase; cromossomos na placa equatorial.
 b) Na prófase, o núcleo se desorganiza, o envoltório nuclear desaparece, o(s) nucléolo(s) se dispersa(m), o fuso se forma e os cromossomos vão se condensando; na metáfase, os cromossomos atingem o máximo de espiralização e associam-se às fibras do fuso no equador da célula; na anáfase, os cromossomos migram e, na telófase, os núcleos se reorganizam.

11. Sugestões de atividades extras para o volume 1

Nesta parte do Manual você encontra um conjunto de sugestões extras para o trabalho com o volume 1 desta coleção. As atividades aqui propostas podem ser usadas de maneiras diferentes, atendendo a diversas etapas da aprendizagem, assim como em momentos diferentes do curso. Estimulamos que você adapte as estratégias apresentadas e que desenvolva outras de acordo com suas necessidades.

Sugestão 1: Desvendando a caixa preta (Capítulo 1)

Os objetivos desta atividade são o trabalho em equipe, a elaboração de hipóteses, a interpretação de resultados e a elaboração de modelos.

Nossa proposta é desvendar o que tem dentro de uma caixa lacrada, sem ver o que há dentro dela. Pode ser

qualquer caixa, não necessariamente preta, desde que não se possa ver seu conteúdo.

Os modelos em ciência correspondem a uma descrição hipotética de uma entidade ou processo e buscam a melhor representação para a realidade estudada pelos cientistas. No entanto, os modelos não são essa realidade e, portanto, podem sofrer alterações a partir de novas informações obtidas. Nem sempre os modelos são visuais. Podem ser modelos matemáticos.

O problema da caixa preta surgiu na área de engenharia elétrica. Um engenheiro recebe uma caixa preta lacrada com terminais de entrada e de saída, e ele pode manipular como quiser a caixa com o objetivo de deduzir o que há dentro dela, mas não pode abri-la.

Esse tipo de problema tem aplicação muito ampla, ligada a outras áreas profissionais. Um médico, por exemplo, ao examinar um paciente, pode até pedir vários exames, mas nem sempre precisa abrir o corpo do paciente para fazer um diagnóstico.

Trabalhar com o problema da caixa preta propiciou a criação de modelos em várias áreas do saber. É o caso dos modelos de átomo, da estrutura da molécula de DNA (a molécula da vida), entre outros. A caixa preta norteia a concepção dos modelos em todos os ramos do conhecimento humano. Feita toda a análise possível, propõe-se uma representação do que está dentro da caixa preta: essa representação é um modelo do conteúdo da caixa.

O uso de modelos em Biologia é bastante comum. Nenhum sistema biológico foi, por enquanto, estudado em sua totalidade. Um biólogo que esteja estudando como uma ave constrói seu ninho não vê o que está acontecendo com a atividade neurológica dentro do encéfalo do animal e que está determinando esse comportamento; se estiver estudando como um lagarto escapa de seu predador, não vê os complexos processos que estão ocorrendo nas moléculas responsáveis pela contração muscular. O biólogo, assim, estuda apenas uma fração dos complexos sistemas dos seres vivos.

Procedimento

Sugerimos que você, professor(a), monte duas ou três caixas pretas idênticas, que deverão conter, cada uma delas, um mesmo tipo de objeto à sua escolha. O conteúdo da caixa preta deve ser mantido em segredo para os estudantes. Como sugestão de objetos estão bolinha de gude, colher, dado, prendedor de roupa, borracha ou qualquer outro objeto que não seja cortante ou perfurante, nem que seja perecível (como medidas de segurança).

Feche bem cada caixa com fita adesiva. Se quiser incrementar mais suas caixas, faça um recorte na lateral de modo a possibilitar que os estudantes possam colocar a mão dentro da caixa e tatear o objeto, mas sem que eles consigam vê-lo. Seria interessante fazer um tipo de cor-

tina preta fechando essa abertura. Para isso, use um recorte de tecido preso à tampa da caixa com fita adesiva.

Leve a caixa para a aula e leve também massa de modelar para distribuir aos estudantes. Se preferir, faça uma massa caseira usando a seguinte receita: coloque em um recipiente 2 xícaras de farinha de trigo e 1 xícara de sal e 2 colheres de sopa de óleo vegetal de cozinha. Dilua em um pouco de água 2 colheres de sopa de suco em pó. Isso dará cor à massa de modelar. Adicione essa solução aos ingredientes e misture bem. Adicione mais água se necessário, até que a massa permita modelagem. Como é feita com produtos perecíveis, essa massa deve ser usada em poucos dias, para não estragar. Quando a atividade terminar, jogue a massa em lixo para matéria orgânica.

Com a sala dividida, cada grupo deverá receber uma das caixas. A caixa representa nessa atividade um mistério a ser desvendado. Cada grupo deve desvendar o que há dentro da caixa que recebeu, sem abri-la. Se fez o recorte para que os estudantes colocassem as mãos, oriente-os para como deve ser a manipulação dos objetos, mas avise que eles não podem olhar dentro da caixa.

Depois, deixe que os estudantes discutam com os colegas de grupo como resolver esse problema. Eles devem ser orientados a levantarem e testarem suas hipóteses, registrarem todos os passos que usaram e as conclusões a que chegaram. Com a massa de modelar, o grupo deve construir um modelo do que acham ter dentro da caixa.

Ao terminar, cada grupo mostra o modelo e explica aos colegas do outro grupo como chegaram a ele.

As caixas não devem ser abertas nunca.

Sugestão 2: Jogo – Ciclagem de nutrientes e fluxo energético (Capítulo 4)

Transferências de carbono ao longo das cadeias alimentares

Este jogo simula um possível trajeto de átomos de carbono da atmosfera (CO_2), desde sua absorção pelos seres vivos autotróficos até seu total retorno ao meio abiótico, ao longo de uma cadeia alimentar.

Sabemos, da teoria ecológica, que entre os seres vivos a energia é passada de um organismo para outro por meio da transferência de matéria orgânica, especialmente por interações alimentares. A matéria orgânica incorporada pelos organismos pelo processo de nutrição (autotrófica ou heterotrófica) tem dois destinos possíveis: um deles é a degradação química, visando à liberação de energia química; o outro é a utilização como matéria-prima para construção de mais massa corporal. No primeiro caso, a degradação resulta especialmente na eliminação de gás carbônico e água. A utilização da energia química aí liberada para a realização de trabalhos metabólicos diversos resulta, por sua vez, na liberação de calor. Em outras palavras: para manterem sua atividade, os seres vivos con-

somem certo percentual da matéria orgânica altamente energética que adquiriram pela nutrição, desviando seus átomos de carbono para o meio ambiente, incorporados em moléculas pouco energéticas de gás carbônico. No segundo caso, da utilização da matéria orgânica como material de construção, os átomos de carbono permanecem estocados no corpo dos organismos, integrados a algum tipo de matéria orgânica. São esses os átomos que poderão ser passados para os predadores ou no caso de morte por outras causas além da predação, quando os cadáveres ficam disponíveis para os decompositores.

É sabido que nem toda a matéria orgânica integrada ao corpo das presas é consumida por predadores. Há certa parcela que permanece nos corpos mortos não predados. Os decompositores degradam essa matéria orgânica, liberando seus carbonos para o ambiente na forma de gás carbônico e convertendo a energia química em calor. Sabemos, também, que o aproveitamento dos alimentos não é completo: há certa ineficiência. Nesta atividade, esse aspecto não será levado em conta.

Os estudantes de cada grupo (pelo menos seis) deverão assumir posições específicas na cadeia alimentar: um deles representará todo o conjunto dos produtores (**P**); outro representará os decompositores (**D**); e os demais serão os consumidores em potencial (**C1**, **C2**, **C3**, **C4** etc.).

- **Regra 1:** Os predadores consomem 3/4 da matéria orgânica representada pelos corpos de suas respectivas presas.
- **Regra 2:** Os produtores e os consumidores degradam 1/3 do material incorporado, com vistas à obtenção de energia, destinando os 2/3 restantes à construção de seus corpos.
- **Regra 3:** O suprimento mínimo de matéria orgânica capaz de sustentar um elo da cadeia alimentar é de 4 unidades.
- **Regra 4:** Os decompositores degradam toda a matéria orgânica morta disponível.

No jogo serão usadas bolinhas de gude (ou grãos de milho ou tirinhas de papel). Cada unidade representará uma mesma quantidade de matéria orgânica ou inorgânica, contendo um número fixo de átomos de carbono. Também deverão estar disponíveis dois saquinhos plásticos, um deles etiquetado como “Carbono na forma de CO_2 , lançado diretamente no ambiente” e outro como “Carbono incorporado na matéria orgânica morta”.

O jogo inicia-se com o representante dos produtores (**P**) tomando para si um total de 32 unidades de material e transferindo a devida proporção destas para o saquinho que corresponde ao CO_2 lançado no ambiente. O restante das unidades fica à disposição dos outros integrantes do grupo, encerrando-se a participação do primeiro estudante. Em seguida, o representante **C1** deverá tomar para si a fração devida das unidades disponíveis, trans-

ferindo as restantes para o saquinho correspondente à matéria orgânica morta, em poder do representante **D**. Este, então, passará as unidades do saquinho da matéria orgânica morta para o do ambiente. Feito isso, é a vez do representante **C2**, que atuará como o **C1**, e, novamente, o representante **D** fará o seu papel.

O jogo prossegue dessa forma até que não sobrem unidades disponíveis suficientes para manter mais um nível consumidor. Nesse ponto, todas as unidades disponíveis serão passadas para o saquinho da matéria orgânica morta, fazendo o representante dos decompositores seu papel pela última vez.

Cabe a você, professor(a), fazer os estudantes notarem que alguns integrantes do grupo não chegaram a atuar de fato, estabelecendo analogia com a limitação do número de elos das cadeias alimentares na natureza. Para isso, poderá propor algumas questões que deverão ser discutidas e respondidas pelos estudantes:

1. Quantos consumidores diferentes puderam participar do jogo segundo as regras originais?
2. Se o consumidor **C1** gastasse mais energia e, em vez de 2/3, usasse para construção apenas 1/3 da matéria disponível, quantos consumidores diferentes participariam do jogo?
3. E se os produtores fossem mais abundantes, incorporando o dobro de CO_2 do ambiente, isto é, se fabricassem 64 unidades de matéria orgânica em vez de 32, quantos consumidores diferentes participariam do jogo?

Sugestão 3: O planeta e os seres vivos no tempo geológico (Capítulo 7)

Frisa histórica da Terra

Esta atividade visa à percepção, pelos estudantes, da escala de tempo geológico em face da escala de tempo de uma vida humana, perceptível dentro de um intervalo de 100 anos. Para isso, os grupos de estudantes usarão 4,5 m de barbante de algodão branco, canetas hidrográficas de diversas cores e uma régua ou fita métrica.

Considerando que o planeta Terra tem 4,5 bilhões de anos e sabendo que 4,5 m equivalem a 4 500 mm, cada milímetro de barbante corresponde a um intervalo de tempo de 1 milhão de anos.

Usando os dados apresentados, no capítulo 7, os estudantes deverão marcar no barbante os pontos correspondentes ao início e ao fim de cada era ou período geológico. Os segmentos de barbante entre as marcas deverão ser pintados com cores convenientes. Uma sugestão: o Pré-cambriano poderá ser pintado de preto; o Paleozoico poderá ter seus seis períodos pintados com cores diferentes – amarelo, amarelo e verde, verde, verde e azul-claro, azul-claro e azul-escuro e azul-escuro; os períodos do Mesozoico poderão ser identificados por tons de vermelho; e, finalmente, os dois períodos do Cenozoico poderão ser representados por lilás e branco (a própria cor do barban-

te). Dessa forma, não se distinguem apenas os períodos: as eras também são facilmente diferenciadas.

Por último, os estudantes deverão tentar representar o momento em que deve ter surgido a espécie humana – há cerca de 200 mil anos – e uma longa vida humana, delimitando no barbante os últimos 100 anos, que representariam uma pessoa que, atualmente, tivesse 100 anos de idade.

No final, os barbantes pintados deverão ser esticados horizontalmente e presos na parede. Em cada segmento deverá ser pendurada uma ficha de cartolina branca, apresentando por escrito os principais eventos relacionados com a estrutura física do planeta e com a própria história da vida (incluindo aí as extinções em massa). Pode-se sugerir a realização de um concurso para escolher o trabalho mais bem elaborado graficamente.

Toda a representação também pode ser feita em papel milimetrado; neste caso, em um eixo de 45 cm de comprimento (450 mm), cada milímetro corresponde a 10 milhões de anos. No entanto, certos momentos seriam de difícil registro e visualização.

Cabe a você explicar para a classe que a representação com barbante é, na verdade, um gráfico unidimensional (de um só eixo) da variável tempo, em uma escala em que cada milímetro de barbante corresponde a um intervalo de tempo de 1 milhão de anos. Usa-se um só eixo, pois só há uma variável envolvida – o tempo. Os gráficos também podem ser bidimensionais (duas variáveis, uma em cada eixo, eixos perpendiculares entre si) ou tridimensionais (três variáveis, três eixos perpendiculares entre si).

Sugestão 4: Ácidos nucleicos (Capítulo 8)

Estrutura tridimensional da molécula de DNA

Esta atividade destina-se a fazer os estudantes visualizarem tridimensionalmente o modelo da molécula de DNA em dupla-hélice, proposto em 1953 por Watson e Crick. É importante comentar com eles que a molécula de DNA é muito grande e não seria possível representá-la integralmente. Assim, o trabalho será feito com um pequeno trecho da molécula, apenas para que eles entendam o emparelhamento de bases nitrogenadas. Inicialmente, montaremos uma representação plana da molécula e, depois, a estrutura em dupla-hélice.

Para isso, cada grupo deverá utilizar: 20 palitos de madeira, tesoura sem ponta, fita adesiva, barbante, régua, cola branca e canetas hidrográficas de 4 cores diferentes.

Usando a tesoura, e sob a sua supervisão, os educandos deverão cortar todos os palitos ao meio; com as 40 partes obtidas, eles devem formar 4 lotes de 10 unidades. Cada meio palito representará uma base nitrogenada. Oriente-os a pintar cada lote de palitos com uma cor, em que cada cor corresponderá a uma das quatro bases.

Os palitos que representam as adeninas (A) deverão ser emendados – usando fita adesiva – com os palitos que representam timinas (T). De modo análogo, deverão ser emendadas unidades representando citosinas (C) com unidades representando guaninas (G). Oriente os estudantes para que façam a união pela extremidade do palito que foi cortada. No final desta fase, cada estudante contará com 10 peças representando pares A–T e outras 10 representando pares C–G. A fita adesiva corresponde à ligação por pontes de hidrogênio entre as bases nitrogenadas envolvidas.

Em seguida, eles deverão cortar dois pedaços de barbante com 1 m de comprimento cada um e fazer um nó nas pontas para evitar que desfiem. Neles, com caneta hidrográfica preta, farão uma marca a cada 5 cm. Cada fio terá 20 posições: as duas extremidades e mais 18 marcas a 5 cm uma da outra.

Ao estender os dois barbantes sobre a mesa, bem alinhados e a cerca de 10 cm um do outro, os estudantes perceberão a correspondência das marcas em um e outro lado. Cada par de marcas corresponde à posição de uma das 20 peças feitas com os palitos, representando um dos diferentes pares de bases.

As 20 peças deverão ser embaralhadas. A partir daí, ao acaso, elas vão sendo sorteadas e fixadas nas marcas feitas nos barbantes na sequência em que vão sendo sendo escolhidas. Também se deve fazer um sorteio para escolher qual base ficará no barbante da esquerda e qual ficará no da direita. Cada peça deverá corresponder a um dos 20 degraus da “escada de barbantes” que está sendo construída. Para a fixação, pode-se usar fita adesiva ou pingos de cola branca. Uma sugestão é introduzir as duas pontas agudas de cada peça entre os fios múltiplos que formam os barbantes, na altura de cada par de marcas feitas à tinta, fixando, depois, com fita ou cola.

Cada grupo deverá fazer um esquema em papel mostrando qual a sequência de bases em cada um dos lados da “escada de barbante”. Todos os esquemas deverão ser copiados na lousa. Sabendo que o conjunto de 20 peças terá sido o mesmo para todos, os estudantes deverão comparar as sequências de bases nitrogenadas obtidas pelos diferentes grupos. Haverá duas iguais ou muito parecidas? Pouco provável. Com isso, eles poderão perceber melhor a grande importância do sequenciamento das bases para diferenciar distintas moléculas de DNA com mesmo tamanho e componentes.

A forma clássica em espiral será visualizada quando a “escada de barbante” for torcida, segurando-se uma de suas extremidades e girando, com a outra mão e sem forçar, a outra extremidade (os estudantes deverão verificar a firmeza da fixação das peças nos barbantes antes de torcer o conjunto). Com este exercício, ficará mais fácil pensarem na molécula de DNA como se ela não fosse torcida e, portanto, será mais satisfatória a compreensão, mais adiante, dos fenômenos de autoduplicação e síntese de RNA.

Sugestão 5: Unidades de medidas (Capítulo 9)

Por meio desta atividade, você poderá avaliar os conhecimentos que os estudantes já têm acerca da leitura de unidade de medidas e seus significados, temas importantes para o estudo da Biologia.

Sugerimos que você reproduza a figura da próxima página em uma transparência e projete-a para a sala. Com base nela, peça aos seus educandos que façam o que se pede.

a) Depois de observar o esquema, eles deverão responder a estas perguntas:

- Não convém medir a altura de uma pessoa usando como unidade o milímetro. Por quê?

Resposta: Porque teríamos de usar um valor numérico muito grande que dificultaria a leitura e a comparação entre medidas de altura de pessoas diferentes.

- Segundo a figura, qual é a melhor unidade para medirmos o tamanho de uma drosófila, a mosquinha da banana?

Resposta: É o milímetro (mm).

- A drosófila está na parte mais escura do esquema. O que isso significa?

Resposta: Significa que, pelo seu tamanho, ela pode ser vista a olho nu, sem auxílio de microscópio.

- Localize na figura a representação de tamanho para células, tanto animais como vegetais, e interprete o que você vê, explicando por que as células foram colocadas nessa parte da figura.

Resposta: A representação das células está entre as partes escura e intermediária. Isso significa que podem variar de tamanho, tendo, em média, de 100 μm a 10 μm , podendo ser vistas com a ajuda de um microscópio de luz ou de um microscópio eletrônico.

- O neurônio é uma célula e, no entanto, está representado na parte mais escura. Qual a escala de tamanho relacionada a ele? Ele pode ser visto a olho nu?

Resposta: Os neurônios estão representados nessa parte porque têm prolongamentos (os axônios) muito longos, chegando a mais de 1 m de comprimento, apesar de extremamente finos. Os corpos celulares também são muito pequenos (150 μm) e não podem ser vistos a olho nu.

- O que você observou para as células nervosas vale para alguma outra célula, segundo a figura? Qual?

Resposta: Vale também para as células musculares estriadas, que geralmente também são longas.

- Se você fosse medir o tamanho do ovo de uma galinha, qual unidade de comprimento usaria? Justifique sua resposta.

Resposta: O centímetro (cm), porque, assim, a medição daria um número inteiro, sendo mais fácil compreender o tamanho e fazer comparações.

- Qual é a unidade de comprimento mais adequada para indicar o tamanho de uma hemácia? E para indicar a espessura de uma molécula de DNA? Justifique suas respostas.

Resposta: Para a hemácia, a melhor unidade é o micrômetro (μm), que é a milionésima parte do metro (10^{-6} m) ou a milésima parte do milímetro (10^{-3} mm); para indicar a espessura do DNA, usamos o nanômetro (nm), que corresponde a 10^{-9} m. Desse modo, trabalhamos com valores numéricos inteiros.

- Qual é a unidade mais adequada para indicar o diâmetro da Terra? Por que não usamos o centímetro, por exemplo?

Resposta: O diâmetro da Terra é de cerca de 12 758,2 km. Não usamos o cm, por exemplo, porque teríamos de escrever e falar um número muito grande, difícil de compreender.

- b) Informe aos estudantes os tamanhos de alguns unicelulares eucariontes, como os da tabela a seguir:

Gênero de alguns organismos unicelulares eucariontes	Tamanho médio
<i>Amoeba</i>	500 μm de comprimento
<i>Euglena</i>	50 μm de comprimento
<i>Paramecium</i>	150 a 300 μm de comprimento

Agora, peça que incluam cada um desses organismos na figura.

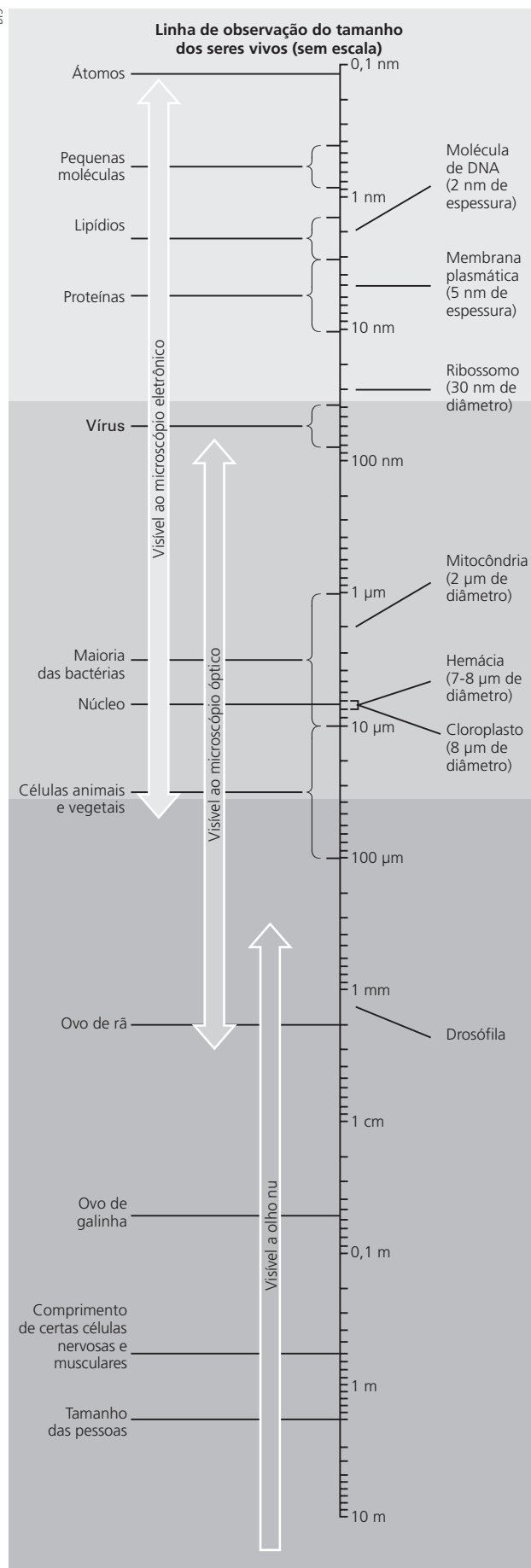
Resposta: Parte próximo a 1 mm (*Amoeba*) e parte abaixo do valor de 10 μm , para os organismos menores de 100 μm . Lembre os estudantes de que essa linha não está em escala linear e, sim, logarítmica, e que a atividade é para exercitarmos a compreensão da ordem de grandeza das estruturas/seres vivos e, portanto, a localização é aproximada. Todos os organismos citados precisam de um microscópio de luz para serem observados. É possível, no entanto, ver certas amebas e ciliados a olho nu, porém não com o detalhamento dado por um microscópio.

- c) Indique uma estrutura/organismo de tamanho imediatamente menor do que o menor eucarionte unicelular citado na tabela.

Resposta: A estrutura imediatamente menor que aparece na linha de tamanho é o cloroplasto, que mede cerca de 8 μm de diâmetro.

Sugestão 6: Envoltórios celulares e transporte através da membrana plasmática (Capítulo 9)

Mais do que uma proposta de atividade, esta sugestão oferece a você um roteiro de como poderá desenvolver o conteúdo do capítulo, de modo a envolver toda a turma.



Para você apurar os conhecimentos prévios dos estudantes a respeito de envoltórios celulares e transporte através de membranas, sugerimos que proponha a eles um desafio logo no começo do trabalho com o capítulo. Anote as respostas dos estudantes, que deverão ser retomadas no fim desta atividade. Pergunte-lhes:

– Qual é a hora certa de colocarmos sal quando vamos fritar batatas? Antes ou depois de fritá-las? Por quê?

Em seguida, com o objetivo de criar um conflito cognitivo e, assim, favorecer a busca de informações e a aprendizagem, leia o seguinte texto para a turma:

Caldos de galinha...

... cozidos, guisados

Como salgá-los?

Quando se deve salgar um cozido, um guisado ou uma daquelas galinhas do rei Henrique?

Faça o teste, caso você ainda não tenha enfrentado essa dificuldade. Um dia em que tiver um pouco mais de tempo que o habitual, prepare a receita em dobro e teste experimentalmente o efeito do sal: em duas panelas que você aquece de maneira idêntica, coloque os mesmos ingredientes em quantidades iguais, mas salgue os componentes de uma delas antes do cozimento e os da outra depois. Você logo verá a diferença e a importância da osmose.

O problema é o seguinte: se não se salga a comida, principalmente carne cozida em água, os sais minerais passam para a solução em que a carne está imersa. No final do cozimento, a carne está insípida. Ao contrário, se se salga no início do cozimento, é o molho que fica sem gosto, pois os sucos da carne ficaram na carne.

Você agirá, portanto, em conformidade com o prato que está preparando. Se quer enriquecer o caldo, só deve salgá-lo no fim do cozimento. Se deseja uma carne de gosto elevado, salgue logo no início. E se deseja uma boa galinha guisada, com um molho de gosto elevado, salgue um pouco antes do fim, de maneira que os sucos sejam harmoniosamente distribuídos nos dois componentes do prato.

This, Hervé. *Um cientista na cozinha*. São Paulo: Ática, p. 86. 1996.

Após a leitura, pergunte aos estudantes:

– Vocês concordam com as afirmações do texto? A osmose explica as situações apresentadas?

Resposta: Pessoal. As respostas nos mostrarão o que os estudantes sabem sobre osmose e difusão. Na realidade, nas situações apresentadas ocorre osmose, mas a principal responsável pelo fenômeno descrito é a difusão (transporte passivo) dos sais minerais da carne. Contudo, essa conclusão deve ser tirada pelos estudantes um pouco mais tarde.

Comentários: Na situação em que não se coloca sal na carne, os sais minerais dela se dirigem de acordo com o gradiente de concentração, isto é, do lugar de maior concentração (dentro da carne) para o lugar de menor concentração (fora da carne, na água do cozimento),

e é por isso que a carne fica insípida e o molho com o sabor; já na situação em que se coloca sal na carne no início do cozimento, o gradiente de concentração não favorece a saída de sais, pois também há sais fora da carne e, assim, eles não “saem” para a água (molho) porque o meio externo é mais concentrado (ou de igual concentração) do que o interno. É por isso que o ideal é salgar antes do fim do cozimento, porque já houve tempo e condições para os sais minerais saírem da carne para o molho, deixando-o com mais sabor, e a carne não ficará insípida, pois ainda reterá sais minerais. Na discussão final dessa questão devem ser tiradas as dúvidas que surgiram desse processo biológico, que é complexo para os estudantes. É o momento de dar um primeiro retorno ao texto dos cozidos. A essa altura da aprendizagem, os estudantes já devem ter percebido que certamente ocorre osmose, mas que o texto trata de movimento dos sais e não de água, como na osmose, e, portanto, tem erros conceituais que serão esclarecidos melhor com a questão a seguir. Registre no quadro as mudanças graduais de entendimento dos estudantes sobre o texto, para retomá-las. Agora, aprofundando a discussão, indague o seguinte:

– Para a água ou os sais minerais saírem ou entrarem nas células, eles precisam passar por qual(is) estrutura(s)?

Resposta: Membrana plasmática.

Comentários: Para que os estudantes entendam a constituição da membrana plasmática e os processos de troca entre a célula e o meio externo, é fundamental montar um modelo mental de como deve ser, mesmo que de maneira simplificada, a estrutura da membrana plasmática. Certifique-se de que os estudantes tenham construído anteriormente o conceito de concentração, que pode ser um empecilho para a compreensão desses outros conceitos tratados aqui. Você pode ampliar a avaliação feita na última questão propondo outras situações de transporte, dando as características do processo e pedindo para identificar o tipo de transporte. Assim, será possível avaliar se entenderam os conceitos.

Peça agora aos estudantes que analisem, nesse capítulo, o item que trata sobre osmose em célula vegetal e que respondam:

– Com base nas explicações que aparecem no livro, qual é o nome dos processos envolvidos? Por que ocorrem?

Resposta: Primeiro, vemos a plasmólise, que acontece quando as células da *Elodea* são colocadas em uma solução salina hipertônica em relação aos seus citoplasmas, isto é, em um meio mais concentrado do que o citoplasma das células. No segundo, vemos o processo inverso, a deplasmólise, pois as células da planta foram colocadas em água destilada, um meio hipotônico em relação aos seus citoplasmas. Em ambos os casos ocorreu osmose, que é um processo de

difusão de moléculas de água através de membrana semipermeável (no caso, a membrana da célula e do vacúolo), onde a água difunde-se em maior quantidade da solução hipotônica para a hipertônica.

Ao tratar do tema vacúolo pulsátil ou contrátil dos unicelulares eucariontes, que recolhe e elimina a água que entra na célula, proponha:

– Comparem esse processo com o que ocorre na *Elodea*.

Resposta: Nos unicelulares eucariontes que vivem em água doce, muita água penetra na célula por osmose, e o vacúolo pulsátil ou contrátil recolhe e elimina a água que entra na célula. A água entrou na célula porque a concentração osmótica dela é maior que a da água ao seu redor, isto é, a célula está em um meio hipotônico. A situação é semelhante ao que ocorre em células de *Elodea* quando colocadas em água destilada, mas nelas não há vacúolos contráteis.

Você poderá propor aos estudantes o levantamento de hipóteses que expliquem por que vacúolos contráteis representam uma adaptação dos unicelulares eucariontes ao ambiente de água doce e por que, nos unicelulares eucariontes que vivem em água do mar, os vacúolos são reduzidos ou ausentes.

Pergunte também:

– Considerando a *Elodea* e uma célula animal, parede celular e membrana plasmática têm o mesmo significado? Montem uma tabela identificando as semelhanças e as diferenças.

Resposta: Não têm o mesmo significado. Exemplo de tabela:

	Célula animal	Célula vegetal
Membrana celular com permeabilidade seletiva e delimitando a célula	Presente	Presente
Parede celular de celulose que confere forma mais constante à célula e é externa à membrana plasmática	Ausente	Presente

Os estudantes poderão montar tabelas bem diferentes do exemplo acima; valorize aquelas em que as informações ficarem mais claras. Você poderá ainda pedir a eles que reescrevam as informações da tabela na forma de um pequeno resumo. A ideia é que você possa verificar se compreendem o que é permeabilidade seletiva (ela é permeável, mas não a tudo).

Pergunte-lhes:

– Como vocês imaginam que a membrana plasmática deve ser para apresentar permeabilidade seletiva? Façam um desenho para explicar a resposta.

Resposta pessoal. Neste momento, compare o modelo proposto por eles com o apresentado no livro. Trabalhe os dados dos estudantes, comparando e explorando a figura do livro. Analise com eles o que significa a constituição lipoproteica da membrana. Os fosfolípidios têm por função isolar a célula, impedindo a passagem de moléculas grandes ou de moléculas solúveis em água. Mas também há proteínas em sua constituição, o que permite a passagem de moléculas importantes para sua sobrevivência, como açúcares, aminoácidos e proteínas que, por serem solúveis em água, não passariam pela membrana se ela fosse somente constituída de lípidios.

Peça-lhes que analisem os itens referentes aos **processos de troca**. Após isso, sugira a seguinte atividade:

– Estudando os tipos de transporte de substâncias químicas que podem ocorrer tanto de dentro para fora da célula como no sentido inverso, expliquem se os seguintes casos se referem a processos passivos ou ativos:

- do gás carbônico que é produzido na respiração celular para o sangue;
- dos sais minerais de dentro para fora (no caso relatado na história do guisado);
- da água que sai da batata se a salgarmos antes de fritar.

Resposta: Nos dois primeiros casos ocorre transporte passivo de substâncias químicas, no qual elas se deslocam a favor do gradiente de concentração, isto é, do local onde estão mais concentradas para o lado onde estão em menor concentração. O terceiro caso trata-se de osmose, difusão da água do meio hipotônico (dentro das células da batata) para o hipertônico (fora das células da batata), mas também sem gasto de energia.

Sugestão 7: Efeitos do processo de osmose na sustentação de tecidos vegetais (Capítulo 9)

Esta atividade prática envolve a observação das modificações na consistência de fatias de batata quando imersas em soluções de diferentes concentrações. Por meio dela, você poderá ajudar os estudantes na percepção dos efeitos do processo de osmose na sustentação de tecidos vegetais.

As noções assimiladas na atividade são importantes para o estudo de tecidos vegetais e para o entendimento da importância das adaptações que certos organismos, como protozoários de água doce, têm para compensar a entrada de água em seus tecidos.

No caso de células vegetais, o volume aumentará até que a parede celular atinja seu máximo de distensão, falando-se em célula túrgida. Nas células animais, a entrada de água se reflete praticamente apenas no aumento de volume, dada a elasticidade da membrana plasmática (que oferece mínima resistência à distensão). Nesse caso, a água entra continuamente até que as concentrações in-

terna e externa da célula se igualem (isso muitas vezes nunca acontece). O fato de não haver oposição mecânica à entrada de água, apesar de se verificar um declínio gradual na intensidade da osmose devido à diluição da solução interna, faz com que o limite de distensão da membrana plasmática seja superado, levando ao arrebentamento da célula.

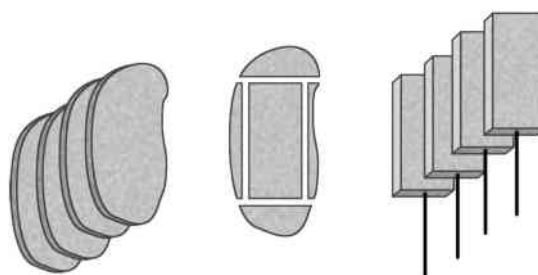
A duração desse experimento é de aproximadamente uma aula; havendo possibilidade de realizar a atividade na primeira aula do período, você pode se planejar de modo a deixar as preparações em locais adequados e pedir aos educandos que verifiquem o que acontece com os pedaços de batata passado mais tempo. Neste caso, o esperado é que, 2 horas após a imersão em água pura, a tira T1 esteja bem mais rígida do que no início, evidenciando claramente a consequência da entrada de água nas células. Nessa fase, se as três tiras de batata forem colocadas lado a lado, as acentuadas diferenças de volume serão percebidas pelo próprio tamanho das peças.

Após 5 ou 6 horas decorridas desde o início do experimento, a tira T3 também terá afundado.

Você, professor(a), deve se assegurar de que os estudantes realmente estabeleceram a relação entre o grau de enrijecimento ou “amolecimento” da batata e a concentração do meio líquido em que foi imersa. Todavia, o mais importante é que eles consigam perceber, com base no enrijecimento da tira T1, que o fenômeno também pode ocorrer ao contrário, ou seja, a concentração maior dentro das células de porções de tecido imersas em água pura faz com que, em vez de a água sair, ela entre nas células.

Procedimento

1. Providencie uma batata que deverá ser cortada em 4 fatias de cerca de 0,5 cm de espessura e, estas, por sua vez, em tiras com cerca de 3 cm de largura e 7 cm de comprimento. Os demais materiais são: 1 garrafa de água mineral; 3 copos de vidro iguais; 4 palitos de madeira; sal de cozinha; caneta ou lápis; saquinho plástico.
2. Espete um palito de madeira no topo de cada uma das tiras de batata para facilitar a manipulação, como mostra a figura a seguir. Com caneta ou lápis, faça uma marca no palito da primeira tira (T1), duas marcas no da segunda tira (T2) e três marcas no da terceira tira (T3). A quarta tira poderá ser identificada por não ter marca nenhuma no palito.



Studio Caparroz

- Adicione água aos copos até atingir um nível de 2 cm abaixo da borda. O copo 1 permanecerá apenas com a água; à água do copo 2 acrescente uma colher de sopa de sal de cozinha, mexendo bem até dissolver tudo; no copo 3 adicione sal, mexendo sempre, até que permaneça um excesso depositado no fundo (nesse caso, dizemos que a solução salina está saturada). Faça a imersão da tira T1 no copo 1, da T2 no copo 2 e da T3 no copo 3, marcando esse momento como horário inicial (tempo zero). Todas as tiras deverão estar completamente imersas, com os palitos fora da água ou da solução. A quarta tira deverá ser embrulhada no saquinho plástico, para não secar, e guardada na sombra.
- Após cerca de 25 minutos, retire as tiras dos copos pelos palitos e avalie a batata considerando sua rigidez e consistência. Para isso, apoie as tiras na abertura dos respectivos copos e observe a sua curvatura em direção ao interior do copo.

Discussão

Apresente aos estudantes as seguintes questões:

– Qual é a função da quarta tira nesta atividade?

Resposta: Ela é usada em todas as observações como um referencial da rigidez inicial ou natural da batata, bem como das dimensões originais (volume), ou seja, atua como o controle da atividade.

– Qual é o comportamento das tiras de batata em cada um dos copos? Elas ficam todas da mesma forma? Elabore uma explicação para essa observação.

Resposta: A tira de batata afunda na água pura, enquanto nas soluções salinas ela flutua em função da maior densidade da água salgada em relação à batata. Depois de certo tempo, as tiras que flutuam no início do experimento (T2 e T3) afundam (primeiro a tira do copo 2 e, depois, dependendo do caso, a do copo 3). A explicação envolve conhecimentos de como a osmose atua e interfere nas células: existe água dentro e fora das células das tiras de batata nos três copos e, portanto, esse componente não contribui para diferenciar as densidades da tira e do meio líquido; quando uma parte da água das células sai, a tira de batata murcha, diminuindo de volume. Como a maioria dos outros componentes das células permanecem internamente, sem difundir para o meio externo, eles passam a concentrar-se em um volume total menor, o que acarreta um aumento da densidade, fazendo a batata afundar. É verdade que a água que sai das células também contribui para diluir a solução externa, mas o volume correspondente a ela é tão pequeno em relação ao volume de solução no copo que sua contribuição para a diminuição da densidade da solução pode ser considerada desprezível.

– Descreva o comportamento das tiras de batata ao colocá-las apoiadas na boca dos copos. Compare-as com a tira que ficou no saquinho plástico. Faça uma ilustração representando cada uma das observações.

Resposta: A tira T3 deverá estar tão flexível que nem sequer poderá sustentar seu próprio peso, dobrando-

-se e caindo dentro do copo. Entre 20 e 30 minutos, a tira T1 estará pouco mais rígida que no início do experimento e a tira T2 se apresentará em um estado intermediário aos outros dois.

– Que relação pode ser estabelecida entre a concentração do meio líquido e o estado da fatia de batata? Explique o que observou em termos dos efeitos da osmose nas células do vegetal.

Resposta: Quanto maior a concentração do meio líquido, mais flexível ficará a batata. As células de batata devem perder água para o meio externo, ficando flácidas, o que interfere na sustentação. De modo contrário, a fatia de batata que ficou na água pura deve receber água do meio externo, ficando mais túrgida do que a batata deixada como controle. Neste caso, a fatia de batata deve ficar mais rígida.

– Proponha, junto com seu grupo de estudos, outro experimento usando conceito de osmose. Proponha uma pergunta, formule hipóteses e descreva como poderia ser o teste de hipótese.

Resposta pessoal.

Sugestão 8: Fermentação de carboidrato por *Saccharomyces cerevisiae* – liberação de CO_2 (Capítulo 12)

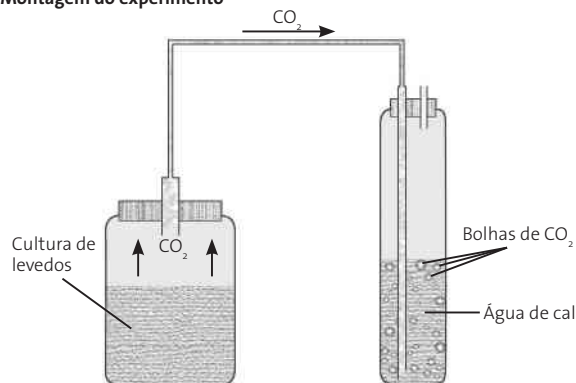
Neste experimento, será demonstrada a produção de gás carbônico por parte do fermento *Saccharomyces cerevisiae* em meio com sacarose.

O *Saccharomyces cerevisiae* é um ascomiceto aeróbio facultativo: em presença de O_2 faz respiração aeróbia, mas na ausência desse gás passa a fazer fermentação alcoólica (liberando álcool etílico e CO_2).

A nutrição se faz por digestão extracelular, seguida de absorção pela membrana. Ao mesmo tempo, as células proliferam-se intensamente por meio de um tipo de brotamento.

A montagem do experimento é simples: basta interligar dois frascos de vidro (potes de conserva, um maior e outro menor, mais estreito e alto) usando um tubo fino de plástico, látex ou mesmo vidro. A conexão deve ser bem vedada junto aos potes, para não vazar gás. A figura seguinte mostra como deve ser essa montagem.

Montagem do experimento



Conceitograf

Você, professor(a) (e não os estudantes), deverá ter preparado uma quantidade de água de cal. O procedimento é simples: colocam-se 500 g de cal hidratada (obtida em lojas de materiais de construção) em 1 L de água; mexe-se com uma colher de pau ou de plástico, deixando a solução descansar por 30 minutos. Ao final desse tempo, filtra-se o material todo com dois filtros de papel descartáveis, acoplados um dentro do outro. Esse procedimento é satisfatório para produzir um filtrado límpido e incolor. É o professor que deverá distribuir essa água de cal, com o devido cuidado.

A água de cal – solução de hidróxido de cálcio (Ca(OH)_2) – reage com o ácido carbônico (H_2CO_3) formado pela dissolução do gás carbônico (CO_2) que está dissolvido nela, originando água e carbonato de cálcio (CaCO_3). Esse último, por ser um pó branco insolúvel, turva a solução. É essa turbidez leitosa que indica a presença de CO_2 . Antes da montagem, você deve demonstrar aos estudantes que, borbulhando na água de cal o ar expirado através de um canudo, ela se torna rapidamente turva.

Procedimento

1. Inicialmente, desmancha-se um tablete de fermento fresco de panificadora em meio copo de água morna (que pode ser obtida em torneira de água quente ou aquecida no fogo, nunca em micro-ondas).
2. Em outro copo, dissolve-se em água uma colher de sopa de açúcar.
3. No tempo inicial (anotar o horário), adicionar o fermento ao pote maior e, em seguida, a solução de açúcar.
4. Ao pote mais afilado, o professor deverá adicionar água de cal até completar a metade do volume.
5. Com a ativação dos levedos, a produção de CO_2 começa a se intensificar. Se o professor julgar conveniente, pode instruir os estudantes para que contem, a cada 15 minutos, o número de bolhas formadas por minuto. Dessa forma, eles terão uma medida da variação da taxa metabólica dos fermentos ao longo do experimento.

Depois de meia hora, o resultado já deverá ter se definido. Após 1 hora, a turbidez será bastante intensa.

Essa montagem pode ser adaptada para uma série de outros experimentos, incluindo a demonstração de eliminação de CO_2 por consumidores e decompositores do solo. Neste caso, a cultura de fermento do pote maior seria substituída por solo, recebendo, para cada 0,5 kg de solo úmido, uma colher de açúcar.

Se a escola contar com facilidades de laboratório (banho-maria, arejador de aquário), o experimento pode ser adaptado para analisar a taxa metabólica do fungo (contagem de bolhas por minuto) em diferentes condições de temperatura e disponibilidade de O_2 .

Sugestão 9: Mitose (Capítulo 12)

Com a turma organizada em grupos, proponha a cada grupo que analise os esquemas de mitose do livro, pedindo que atente para um par de cromossomos. Proponha-lhes, então, as seguintes etapas:

– Inicialmente, analisem a mitose até o final. Depois, voltem e analisem mais detalhadamente a interfase e a prófase e respondam: A célula inicial é diploide ou haploide? Quantos cromossomos ela tem? Eles estão duplicados ou não? Explique como chegou às suas respostas.

Resposta: A célula representada é diploide, $2n = 4$, porque ela mostra, no início da interfase, 4 cromossomos que aparecem como quatro fios finos e longos não duplicados. Vemos, no final da prófase 8, representações de cromossomos ligados dois a dois. Isso quer dizer que vemos dois pares de cromossomos homólogos, agora duplicados e condensados (fios mais curtos e mais grossos).

– Prossigam na análise das figuras e na leitura das explicações das demais fases da mitose. Observem detalhadamente o que acontece em cada momento. Em seguida, por meio de um texto ou um quadro com a organização das informações, descrevam as situações pelas quais passam os cromossomos representados. Não deixem de utilizar os termos científicos usados no livro.

Resposta: No início da interfase, os cromossomos homólogos aparecem não duplicados e não condensados; é durante essa fase que se duplicam. Na prófase, cada cromossomo duplicado, agora formado por duas cromátides-irmãs, aparece bem nítido e condensado, unido ao outro pelo centrômero, onde são notados os dois cinetócoros (complexos proteicos) de cada cromossomo duplicado. Na metáfase, certos microtúbulos do fuso ligam-se ao cinetócoro de cada cromátide-irmã, ligando cada uma a um dos polos da célula. Logo, são deslocados para a região equatorial da célula, formando a placa metafásica. Na anáfase, ocorre a separação dos centrômeros e, com isso, as cromátides-irmãs também são separadas e passam a ser chamadas cromossomos-irmãos. Eles são puxados para os polos opostos da célula pelos microtúbulos ligados ao cinetócoro. Na telófase, última fase da mitose, os cromossomos são descondensados e há diferenciação da carioteca, formando dois núcleos. Os cromossomos voltam a ter a aparência de fios longos e finos de um núcleo interfásico.

– Expliquem a relação entre mitose e o processo de reprodução assexuada em uma ameba.

Resposta: É pela mitose que as células são duplicadas, formando outras duas iguais e com o mesmo número de cromossomos daquela que lhes deu origem.

Como fechamento, proponha uma questão diferente sobre mitose para cada grupo, de modo que, em uma discussão geral, os estudantes compreendam melhor o processo.

Sugestão 10: Meiose (Capítulo 12)

Para esta atividade, você, educador(a), poderá seguir o mesmo procedimento do roteiro anterior ou, então, pedir a cada grupo que analise os esquemas e as descrições de meiose no livro e que responda às seguintes questões:

- a) O que acontece com um dos pares de cromossomos em cada fase da meiose? Se quiser, monte um quadro para organizar sua resposta.

Resposta: Assim como na mitose, na interfase da meiose I os cromossomos e o centrôssomo também se duplicam. No final dessa fase, cada cromossomo é formado por duas cromátides unidas pelo centrômero e, agora, passam a se chamar cromátides-irmãs. Na prófase I, os cromossomos começam a se condensar e os cromossomos homólogos duplicados emparelham-se, compondo uma tétrade formada pelas cromátides-irmãs e cromátides homólogas. Nesse momento, as cromátides homólogas de um par de cromossomos podem sofrer rupturas em pontos equivalentes seguidos de troca (permutação ou *crossing-over*) de “pedaços” (entre cromátides homólogas), o que aparece como um “X”; nesses pontos de troca vemos os quiasmas. Na metáfase I, os cromossomos atingem o máximo de condensação e as fibras do fuso orientam os cromossomos homólogos duplicados e emparelhados a se disporem na região equatorial da célula. Na anáfase I, vemos a troca de pedaços entre cromátides homólogas. Levando em conta essas trocas, o par de cromossomos duplicados é deslocado pelas fibras do fuso para os polos da célula, ocorrendo separação do par de homólogos. Na telófase I, os cromossomos chegam aos polos da célula e desespiralizam-se (tornam-se finos e longos) e, com a divisão do citoplasma, formam-se duas células. Em seguida, começa a meiose II. Na prófase II, os cromossomos duplicados novamente se condensam. Na metáfase II, algumas fibras do fuso unem-se aos cinetócoros e orientam os cromossomos duplicados para a região equatorial da célula. Na anáfase II, ocorre separação dos centrômeros e das cromátides-irmãs, que passam a se chamar cromossomos-irmãos. Em seguida, são puxados para os polos da célula. Na telófase II, os cromossomos se desespiralizam e o citoplasma se divide novamente, formando 4 células-filhas.

- b) Considerando o par de cromossomos que seu grupo analisou, qual(is) é(são) a(s) diferença(s) entre cromátides-irmãs e cromátides homólogas em relação ao material genético antes da permutação ou *crossing-over*? Faça desenhos explicando sua resposta.

Resposta: Devem representar o mesmo desenho que aparece no livro – fase meiose I, prófase I (início) e explicar que cromátides-irmãs têm exatamente o mesmo material genético (genes iguais) porque vieram da duplicação da molécula de DNA que forma esse cromossomo, e cromátides homólogas contêm material genético diferente porque se originam dos cromossomos homólogos e, apesar de cada par de cada cromossomo homólogo possuir a mesma sequência de locos gênico, isto é, o lugar que cada gene ocupa no

cromossomo e o caráter que condiciona são os mesmos, esses genes podem ser diferentes. Essa questão é importante e, se esse conceito não estiver construído, a compreensão da Genética será prejudicada, de modo que, mesmo que os educandos ainda não usem os termos científicos adequados neste momento, precisam entender seus significados.

- c) Fazendo uma reflexão sobre o material genético, como são as células-filhas que resultam de cada um dos processos desses dois tipos de divisão (mitose e meiose) em relação à célula inicial que lhes deu origem?

Resposta: Na mitose, formam-se duas células-filhas com material genético igual, que por sua vez é idêntico ao material genético da célula que lhes deu origem. Já na meiose, formam-se quatro células-filhas diferentes entre si, tanto em relação ao material genético como em relação à quantidade de material genético (cromossomos), isto é, as quatro células-filhas têm metade do material genético da célula inicial e esse material é diferente em cada uma delas, pois uma terá só um cromossomo do par de cromossomos homólogos e a outra só o outro cromossomo do par.

- d) Imaginando as células sexuais – óvulos e espermatozoides – em um animal com $2n = 20$, quantos são os cromossomos das células sexuais e das células que constituem o corpo desses animais? Justifique sua resposta.

Resposta: As células sexuais têm só um dos pares de cada cromossomo homólogo e são haploides (10 cromossomos), porque vieram de um processo de meiose. As células do corpo são diploides, isto é, têm os dois cromossomos de cada par, porque vieram de mitoses sucessivas.

Sugestão 11: Reprodução e variabilidade genética (Capítulo 12)

Propomos que trabalhe um conceito complexo para os estudantes: a relação entre reprodução sexuada e variabilidade genética de populações, muito importante para compreenderem evolução e seleção natural. Sugerimos pedir aos estudantes que façam essa questão antes de trabalharem esses temas, pois retoma os conceitos de meiose, permutação, reprodução sexuada e assexuada e desafia o estudantes a refletir a partir de uma situação concreta. Organize a turma em grupos e peça que leiam o texto a seguir.

Filhotes sem pais

[...]

A maioria dos vertebrados se reproduz de forma sexuada, em que há a contribuição de um óvulo (gameta feminino) e de um espermatozoide (gameta masculino) para a concepção da nova prole. No entanto, na natureza, alguns grupos animais apresentam a reprodução assexuada, em que não é preciso a contribuição de indivíduos de diferentes sexos para que os filhotes nasçam. Na partenogênese, modo de reprodução assexuada, ocorre o crescimento e desenvolvimento de um embrião sem

que a fêmea seja fertilizada pelo macho, ou seja, existe a participação unicamente de um gameta feminino.

Nesse fenômeno, metade do material genético de uma fêmea se agrega a uma cópia idêntica, que também se encontra nas suas células. Assim, pode-se dizer que o embrião é um clone da mãe pela metade. Geralmente, a partenogênese ocorre em seres invertebrados, como abelhas e mariposas, entre outros, mas alguns animais vertebrados – como répteis, aves e peixes – também são capazes de se reproduzir desse modo. No final de 2006, causou sensação o artigo na conceituada *Nature* [disponível em: <<http://www.nature.com/nature/journal/v444/n7122/full/4441021a.html>>] que relatava o nascimento de filhotes de dragões-de-Komodo a partir de fêmeas mantidas em diferentes instituições na Inglaterra. Como elas não tinham tido contato anterior com machos, por anos deduziu-se que foram capazes de produzir ninhadas a partir de ovos gerados por partenogênese. Alguns testes com o material genético dos filhotes confirmaram as suspeitas dos cientistas e provaram que os dragões-de-Komodo podem se valer dessa estratégia para manter suas reduzidas populações.

[...]

BARBOSA, M. L.; SICILIANO, S. Filhotes sem pais. Disponível em: <http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2015/06/filhotes-sem-pais>. Acesso em: mar. 2016.

Mais informações sobre esse animal, caso queira comentar com os estudantes:

O dragão-de-komodo ou crocodilo-da-terra é um réptil que tem aparência de dinossauro e vive na ilha Komodo e adjacentes, na Indonésia. Pode medir até 3,5 m de comprimento e pesar até 110 kg. Sua dieta baseia-se em porcos selvagens (javalis), cabras, veados, búfalos, cavalos, macacos, dragões-de-komodo menores, insetos e, raramente, pessoas, mas não costuma ser agressivo; também se alimenta de carniça de animais. Seu faro pode localizar uma carcaça de animal a quilômetros de distância, o qual é capaz de devorar por completo. Para se alimentar de animais vivos, o dragão derruba a vítima com a cauda e depois corta essa presa em pedaços com os dentes. É ovíparo, colocando de 15 a 35 ovos na areia no fim da estação das chuvas. Vive, em média, 50 anos.

- a) Qual é a relação entre meiose, variabilidade e o texto sobre o dragão-de-komodo? Forneça exemplos com base no texto sobre o animal.

Resposta: A meiose pode formar indivíduos diferentes devido à grande diversidade de gametas que são originados através das trocas de genes entre cromátides homólogas. Essa variação de gametas permite que a fecundação, na reprodução sexuada, gere indivíduos com combinações (e características) diferentes. As permutações juntam no mesmo gameta genes que não ficariam juntos, caso ela não ocorra. É por isso que no texto, segundo os autores do trabalho, manter machos e fêmeas da espécie juntos poderia evitar a partenogênese e contribuir para aumentar a diversidade genética da espécie. Mantendo fêmeas separadas, novos indivíduos originam-se por partenogênese, que é um processo de reprodução assexuada e, portanto, forma indivíduos geneticamente iguais, com o mesmo DNA da mãe, não permitindo a variabilidade genética.

- b) Compare as informações sobre a reprodução do dragão-de-komodo com as seguintes situações:

1ª situação: Temos uma roseira no jardim. Se plantarmos a porção de um ramo retirado dessa roseira adulta e ela “pegar”, as duas plantas serão iguais geneticamente e darão rosas da mesma cor sempre?

2ª situação: Para nascerem gatinhos ou bebês, há a necessidade de fecundação do óvulo de fêmeas por espermatozoide de um macho?

Resposta pessoal. Esta questão nos indicará que conhecimentos os estudantes têm a respeito da reprodução sexuada e da assexuada para introduzirmos os conceitos de meiose e variabilidade genética que ela traz.

- c) Qual a relação entre os casos descritos e a mitose? Em que momentos dessas situações ela acontece? Justifique sua resposta.

Resposta pessoal. Os estudantes devem responder que, por mitoses, um ramo de roseira origina outro indivíduo igual ao que lhe deu origem e que, no segundo caso, a mitose acontece depois da fecundação do óvulo pelo espermatozoide, quando se forma o zigoto. Este origina um animal não idêntico aos seus pais.

12. Indagação científica

As atividades aqui apresentadas foram especialmente elaboradas para você, professor(a), desenvolver com os estudantes habilidades científicas por meio da ferramenta “Ciclos de indagação”. Tal como representado na figura

da página seguinte, em cada ciclo há uma pergunta seguida da ação e depois da reflexão sobre os resultados — ao tentar responder a uma indagação inicial, geralmente surgem novas perguntas que podem iniciar novos ciclos.



Em nossas indagações, as perguntas abordam temas que podem não estar diretamente relacionados com os assuntos tratados em aula no momento da execução. Isso não tem importância, pois a intenção é fazer o estudante exercitar uma técnica de produção de conhecimento, ou seja, uma forma de fazer Ciência independentemente do tema. Antes de iniciarmos as propostas de indagação, é importante discutir um pouco com os educandos cada uma de suas fases, o que permitirá construir algumas bases conceituais importantes para a formulação das indagações.

Os mais diversos conceitos biológicos podem ser atrelados às *Indagações científicas*, pois serão pano de fundo para o desenvolvimento de um conjunto de habilidades voltadas à construção do conhecimento científico.

As habilidades que podem ser trabalhadas na *Indagação científica* são muito diversificadas. Em uma conferência entre especialistas (Grandy & Duschl, 2007), foram levantadas as seguintes habilidades que podem ser desenvolvidas com essa abordagem:

1. formular, refinar e avaliar perguntas;
2. desenhar, refinar e interpretar experimentos;
3. fazer observações;
4. coletar, representar e analisar dados;
5. relacionar dados com hipóteses, modelos ou teorias;
6. formular hipóteses;
7. aprender e refinar teorias e modelos;
8. comparar diferentes teorias ou modelos com os dados;
9. dar argumentos prós e contras modelos e teorias;
10. apresentar explicações;
11. comparar modelos alternativos;
12. fazer previsões;
13. registrar, organizar e discutir dados;
14. discutir e explicar teorias e modelos;
15. escrever e ler sobre dados, teorias e modelos.

Dependendo do objetivo, você, professor(a), poderá enfatizar mais esta ou aquela habilidade. Uma vez expostos os objetivos, é fundamental que você e os estudantes compreendam as etapas envolvidas na *Indagação científica*, pois cada uma possui suas exigências. Dois protocolos de indagação por volume estão prontos para serem aplicados. Você também pode se sentir livre para gerar uma nova *Indagação científica*, respeitando as etapas Pergunta → Ação → Reflexão.

PERGUNTA

O primeiro passo da *Indagação científica* consiste na formulação de uma pergunta. Todo o processo de investigação parte de um conjunto de curiosidades, experiências e conceitos que chamaremos aqui de *inquietude*.

Os seres humanos são inerentemente curiosos: invariavelmente, observamos nosso entorno, procurando reconhecer padrões, ou seja, situações não aleatórias que tendem a se repetir. O contato com a natureza leva à curiosidade e à tentativa de explicar aquilo que está à nossa volta; quando não temos uma explicação satisfatória, sentimos uma espécie de inquietude, que nos faz buscar uma série de conceitos ou experiências anteriores que consideramos relacionados com o que queremos entender. Esse conjunto de conceitos prévios nos dá o contexto da indagação e se constitui como base sobre a qual serão incorporados os novos conceitos a serem aprendidos. Temos, assim, os chamados marcos conceituais. Em nossas indagações, o contexto e os marcos conceituais serão abordados ao descrevermos a inquietude.

Para que a *Indagação científica* tenha condições de ser realizada com sucesso, a pergunta deve obrigatoriamente ser:

Respondível

As perguntas devem ser construídas de modo que uma resposta precisa possa ser alcançada. toda pergunta é válida, mas para ser respondida através do ciclo de indagação existem perguntas mais adequadas que outras. Perguntas que incluem, por exemplo, Como? Quantos? e Como varia? são respondíveis, pois envolvem medir características bióticas e/ou abióticas do ambiente em questão. Perguntas feitas com Por quê? não são respondíveis de modo direto com essa proposta, porque geralmente requerem experimentos controlados, desenhados para estabelecer relações de causa e efeito — a resposta não está baseada na observação direta em campo, exigindo manipulação de fatores.

Comparativa

A pergunta ideal deve resgatar na *inquietude* um fator de comparação que se apresente em diferentes estados. A quantidade de observações em cada grupo é o número de casos. Por exemplo, tomemos o fator sexo, com dois estados possíveis: masculino e feminino. Se pretendemos investigar as alturas do corpo, definimos *a priori* dois grupos — homens e mulheres (que são os dois estados do fator em questão).

Cada homem ou mulher é um caso, pois fornecerá um (e apenas um) valor da variável altura. Assim, comparam-se as alturas de homens com as alturas de mulheres.

Perguntas que não são comparativas não oferecem boa base para chegar ao(s) marco(s) conceitual(is) ou para levantar hipóteses caso se queira estender o âmbito da investigação.

Sedutora

Para a pergunta ser sedutora, a resposta não deve ser óbvia ou já conhecida, ou exigir um esforço exagerado para ser obtida.

Simples e direta

A pergunta deve ser simples, evitando-se terminologia científica formal. A utilização de uma linguagem simples e cotidiana é recomendável para estimular o envolvimento de todos com a investigação. A assimilação da terminologia científica formal deve ocorrer na reflexão como parte do processo de aprendizagem. Assim, o vocabulário deve diversificar-se como consequência, e não como precursor da investigação. Materiais simples e de fácil acesso são mais indicados e igualmente capazes de proporcionar investigações científicas precisas e elaboradas. Além disso, sendo direta, a pergunta não exige esclarecimentos adicionais para ser plenamente entendida.

A pergunta deve ser *respondível, comparativa, sedutora e simples*, apresentando em si mesma aquilo que será medido (variável), o que será comparado, onde e, se necessário, quando.

AÇÃO

Esta etapa envolve, primeiro, o planejamento de como obter as informações necessárias para responder à pergunta; é aí que se define o desenho amostral ou experimental, bem como os procedimentos e o âmbito espacial e temporal da indagação (**domínio**).

Os estudantes possuem papel ativo nesta fase, pois as informações, muitas vezes inesperadas, serão obtidas por eles mesmos. Uma vez que os resultados forem obtidos, será preciso organizá-los, resumi-los e apresentá-los. Este segundo passo da ação deve ser muito trabalhado com os estudantes, pois é fundamental para a interpretação das informações obtidas e para facilitar a comunicação delas a outras pessoas. Vale ressaltar que em qualquer *Indagação científica*, mesmo naquelas sugeridas nesta seção, as informações obtidas são sempre inéditas, de modo que professor(a) e estudantes produzem um novo conhecimento a partir de dados únicos.

A ação é uma etapa crucial, pois é nela que se definem o desenho amostral ou experimental, bem como os procedimentos para que se efetuem observações válidas. Nessa fase, a sua participação, professor(a), é importante para ajudar os educandos quanto aos métodos de coleta e análise dos dados.

Uma noção importante e nova para os estudantes é a de *variabilidade*. Normalmente existe a cultura de comparar valores médios de alguma variável em duas categorias distintas, mas sem considerar a variação entre os valores que entraram na constituição de cada média. A variabilidade entre os casos para certa variável pode ser calculada numericamente através da grandeza chamada variância, mas não pretendemos trabalhar diretamente com esse conceito matemático.

Uma vez disponíveis, os dados precisam ser organizados, resumidos e apresentados.

Como exemplo, apresente aos estudantes uma situação simulada de comparação de dois grupos de pessoas.

A pergunta é: “Há diferença entre a altura dos homens e das mulheres na classe, atualmente?”

Estamos *comparando dois grupos de pessoas*, um formado por homens e outro, por mulheres; o *fator de comparação* é o que distingue os grupos, ou seja, o sexo; a variável em questão é a altura do corpo; cada indivíduo que terá sua altura medida é um caso.

Quanto à ação, há dois caminhos: um deles é medir a altura de todos os estudantes da classe (domínio), separar as medidas em dois grupos e calcular a média em cada grupo. De posse das duas médias, a pergunta pode ser imediatamente respondida com segurança (inclusive permitindo saber *qual a diferença*, se houver).

Outro caminho é trabalhar com amostragem ao acaso de certo número de homens e de mulheres (escolhidos por sorteio), usando também aqui as médias. Como dessa forma nem todos os estudantes da classe serão medidos, surgirá certa insegurança com relação à resposta: “Será que, se tivéssemos medido todo mundo, a resposta seria a mesma?”. Em estudos científicos, é nesse ponto que entra a chamada estatística.

A análise estatística permite avaliar a probabilidade de a resposta obtida por amostragem ser diferente da que se teria observando todos os casos possíveis. Na maioria das vezes, as análises estatísticas levam em conta um novo aspecto: a variação entre as medidas (casos) dentro de cada grupo ou *variabilidade*.

REFLEXÃO

Você, professor(a), e os estudantes deverão participar ativamente desta etapa decisiva. Estimule todos a refletir acerca do processo da investigação.

A reflexão de todos deve ser como uma ponte, ligando a resposta da pergunta com o contexto da indagação e com os conteúdos já conhecidos; nessa hora, buscar novas informações em fontes confiáveis pode ser muito importante para uma reflexão mais rica e instrutiva tal como fazem os pesquisadores.

Resumidamente, você, professor(a), deve incentivar os estudantes a refletir a respeito de:

Qual foi a resposta para a pergunta inicial?

A ação tal como planejada foi necessária e suficiente para conduzir a uma resposta consistente para a pergunta proposta?

Que possíveis fatores podem ter influenciado a obtenção desta resposta?

Neste momento, é preciso que os educandos extrapolem a resposta. Por meio da própria investigação, além de conceitos e experiências prévias, reflitam sobre possíveis elementos físicos e biológicos que estão por trás da resposta. O levantamento de hipóteses que possam melhor explicar a resposta levam à compreensão de diferentes situações e fenômenos biológicos associados aos resultados práticos.

E se...?

A resposta obtida poderia ser diferente em outras situações (outros métodos, outros domínios)? Refletir sobre isso é fundamental para avaliar se os padrões observados podem ser atribuídos a situações hipotéticas novas.

A resposta obtida pode trazer aplicações?

Através da reflexão, a *Indagação científica* pode fornecer embasamento lógico e científico para proposição de atitudes ou hábitos. Essas sugestões de aplicação geralmente ocorrem quando a investigação possui ligação com práticas humanas ou ambientes associados ao ser humano. É a investigação subsidiando a cidadania.

Referências:

ARANGO N.; CHAVES, M. E.; FEINSINGER, P. (2009). *Principios y práctica de la enseñanza de ecología en el patio de la escuela*. Instituto de Ecología y Biodiversidad – Fundación Senda Darwin, Santiago, Chile. 136 pp.

GRANDY, R.; DUSCHL, R. A. (2007). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: analysis of a conference. *Science & Education* (2007) 16: 141–166.

FEINSINGER, P. (2001). *Designing field studies for biodiversity conversation*. Island Press. 212 p.

Para estender seu conhecimento sobre as *Indagações científicas* e aprofundar seu domínio sobre a ferramenta “Ciclos de Indagação”, sugerimos baixar o manual na íntegra, em formato PDF. Faça uma busca na rede com o título “Guia Metodológica para la Enseñanza de la ecología en el patio de la escuela” (um espanhol) ou use o endereço eletrônico a seguir:

<<http://www.sendadarwin.cl/espanol/wp-content/uploads/2010/01/ensenanza-de-la-ecologia-en-el-patio-de-la-escuela-eepe1.pdf>>

Acesso em: mar. 2016.

Vamos agora iniciar as propostas de indagação deste volume, que deverão ser propostas aos estudantes.

Indagação 1: Animais dentro e fora de casa

INQUIETUDE

A presença do ser humano modifica consideravelmente o ambiente. Exemplos disso são as construções, como casas e edifícios. Diversos animais não domésticos estão acostumados à presença humana e podem se beneficiar dessa situação, embora muitos outros se afastem dos seres humanos. Assim, residências humanas podem ser ambientes adequados para várias espécies de animais, que podem viver aí ou estar apenas de passagem, mas inadequados para outras dependendo de suas preferências ou necessidades. Seria de esperar, então, que o interior e o exterior de uma casa sejam ocupados por diferentes animais.

PERGUNTA

Comparando a área interna com a área externa de residências, qual a diferença quanto aos animais não domésticos mais comuns observados por moradores de uma determinada região?

AÇÃO

Os estudantes deverão organizar-se em grupos. Para obter os dados, será preciso que cada um entreviste moradores de três casas. Na metodologia descrita a seguir, o interior da casa deve corresponder aos locais fechados, como quarto e cozinha. Já o exterior representa locais abertos, como quintal, varanda, corredores externos e garagem. Cada estudante terá, assim, uma amostra de informações.

O modelo da entrevista a ser aplicado segue abaixo:

Vamos combinar que o interior da casa são os locais fechados (cômodos), como quarto e cozinha, enquanto o exterior são os locais abertos, como quintal, varanda, corredores externos e garagem.

– Que animais você já encontrou no interior da casa? Mencione todos que conseguir lembrar.

– Que animais você já encontrou no exterior da casa? Mencione todos que conseguir lembrar.

Cada estudante entrevistador poderá colocar os dados coletados em uma tabela. Abaixo, há um exemplo de como esses dados podem ser organizados.

Residência (localização)	Animal encontrado	Ambiente em que foi encontrado	
		Interior	Exterior

Após realizar as entrevistas com os moradores, o grupo deverá trazer as informações coletadas na data marcada pelo(a) professor(a). Nessa data, os grupos da classe devem apresentar uns para os outros os animais que foram mencionados, fazendo uma tabela com a lista de todos eles e o número de vezes que cada um foi citado em cada ambiente (interior e exterior da residência), no conjunto das entrevistas do grupo. Analisando a tabela, o grupo deve reconhecer os quatro animais mais citados para o interior das casas, fazendo o mesmo para o exterior. Os dados do grupo podem ser organizados em uma tabela, como a exemplificada a seguir.

Animal mencionado pelos entrevistados	Localização		Número de vezes em que foi citado nas entrevistas
	Interior	Exterior	

Esse procedimento servirá para apontar quais são os animais mais comuns em cada ambiente da residência, para que posteriormente sejam escolhidos aqueles que apareceram em maior número de residências e desconsiderados aqueles que apareceram apenas casualmente. Finalmente, todos os grupos devem escrever suas tabelas na lousa, lado a lado. Com o auxílio do(a) professor(a), uma tabela final para cada ambiente deve ser montada, somando as ocorrências de cada tipo de animal registradas por todos os grupos, isto é, num conjunto maior de amostras, e indicando os quatro tipos de animais mais comuns.

Na figura a seguir, é possível perceber que a amostragem está sendo feita em vários níveis: há as listas por estudante, por grupo e para a classe toda. Nesse exercício, queremos que todos percebam o que acontece com a variedade de animais quando aumentamos o tamanho da amostra.

A partir daqui, apresentamos a você, professor(a), alguns subsídios para a condução da atividade.

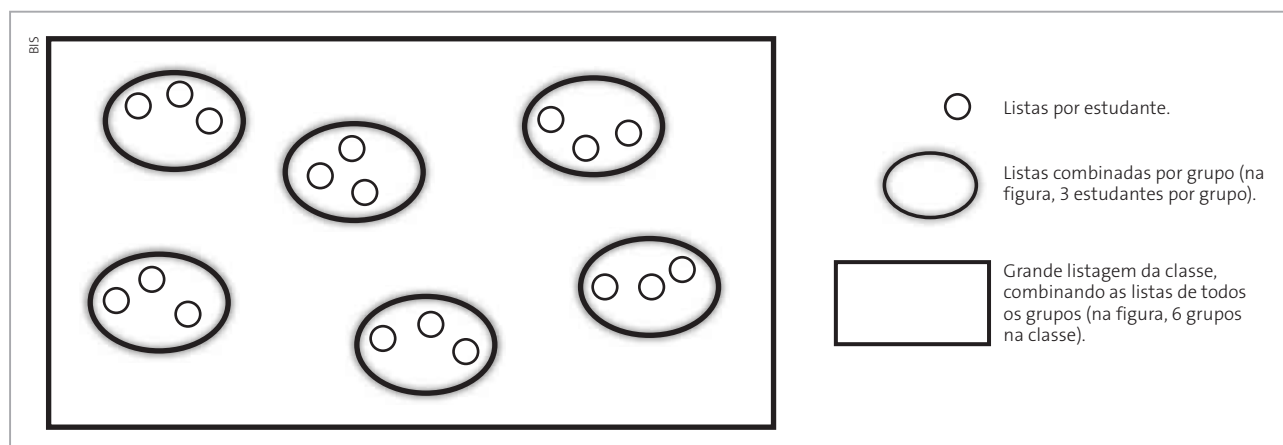
REFLEXÃO

Os dados devem ser interpretados a fim de responder à pergunta inicial. É muito importante que os estudantes utilizem como base as informações que obtiveram para chegar a uma resposta. Eles devem ser capazes de observar atentamente quais animais compõem as listas finais de ambiente externo e interno. Também é importante que eles comparem essas listas com as demais informações individuais e obtidas por grupo.

Uma vez respondida a pergunta, você, professor(a), deve auxiliá-los a pensar sobre possíveis fatores responsáveis pelos resultados observados. É preciso refletir sobre as condições ambientais e recursos exigidos pelos diversos tipos comuns de animais, bem como sobre as diferenças entre as condições dos dois ambientes (como luz, temperatura, presença humana), e entre os recursos que estejam disponíveis neles, que possam afetar a distribuição dos animais (alimento, abrigo etc.).

Essa reflexão deve ajudar a compreender os resultados obtidos. Também é muito interessante que estudantes e professor(a) resgatem conceitos relacionados à interação entre espécies. Animais tipicamente urbanos podem ser temas de discussão, assim como a ação e a presença humana influenciando a diversidade e a distribuição animal.

A metodologia utilizada também pode ser abordada na reflexão, principalmente para tratar da representatividade dos dados e do chamado domínio amostral, ou seja, as abrangências espacial e temporal envolvidas na amostragem. Essa discussão se apoia na existência de 3 tamanhos amostrais embutidos no desenho experimental: o número de 3 casas por estudante, o número de casas total do grupo – 3 multiplicado pelo número de estudantes do grupo – e o número de casas da classe – 3 multiplicado pelo número de estudantes da classe. Finalmente, os estudantes devem refletir sobre a amostragem e sua adequação para responder plenamente à pergunta.



Representação do tamanho das amostras por estudante, por grupo e pela classe.

Se os estudantes visitaram casas vizinhas à sua, cada um só poderia estender seu resultado para o entorno de sua casa, que então seria a região mencionada na pergunta; se todos eles, de cada grupo ou da classe inteira, fizeram suas entrevistas no mesmo bairro, pois moram aí, a região da pergunta seria o bairro. Mas, se eles visitaram casas espalhadas por toda a cidade ou estendendo-se a cidades vizinhas, então a região envolvida na pergunta poderia ser bem maior.

OUTROS ASPECTOS

A Indagação e as mídias digitais

Essa atividade pode ser utilizada como mote para um trabalho integrado com as mídias digitais. Uma das sugestões é que a pesquisa seja feita via internet. A turma pode mandar um e-mail ou colocar um sistema de perguntas e respostas por meio do *blog* da turma.

Os resultados também podem ser compartilhados por meios digitais, de acordo com a preferência da classe.

Marcos conceituais (conceitos envolvidos)

- Variações ambientais são capazes de influenciar a ocorrência de seres vivos.
- Aspectos da vida e da moradia do ser humano podem determinar interações dos organismos com as pessoas, favorecendo determinadas associações.
- Organismos aparecem em ambientes que ofereçam condições e recursos adequados.

Habilidades e competências envolvidas

- Obter dados empíricos para discutir temas relacionados ao cotidiano.
- Refletir sobre a presença e ação humana em diferentes contextos.
- Lidar com amostras como meio de obter respostas.
- Utilizar base lógica e prática para construção de hipóteses científicas.

Indagação 2: Silte/argila e permeabilidade do solo

INQUIETUDE

A impermeabilização natural do solo é um aspecto fortemente associado ao seu teor de grãos mais finos que 0,02 mm (ou 20 micrometros), os quais correspondem ao silte e à argila. Solos mais argilosos são também menos permeáveis, pois, sendo os grãos de argila muito finos, ficam muito estreitos os espaços entre eles, pelos quais a água poderia passar.

Quando uma porção de solo é dispersa em água, os grãos maiores (geralmente cascalhos finos ou areia) depositam-se mais rapidamente no fundo, enquanto os mais finos (silte e argila) permanecem por mais tempo em suspensão, tornando a água

turva. A quantidade desses grãos em certo tipo de solo afeta a intensidade dessa turbidez, pois, quanto mais deles houver na composição do solo, mais turva fica a água.

Utilizando dados sobre a turbidez, é possível identificar experimentalmente variações entre diferentes tipos de solo quanto à quantidade de grãos finos. Com isso, seria possível inferir variações entre eles quanto ao potencial de permeabilidade. Solos menos permeáveis são mais adequados para a construção de açudes.

PERGUNTA

Há diferença na quantidade de silte + argila comparando solos de uma plantação, horta ou jardim e de beira de um rio ou riacho na região de sua escola?

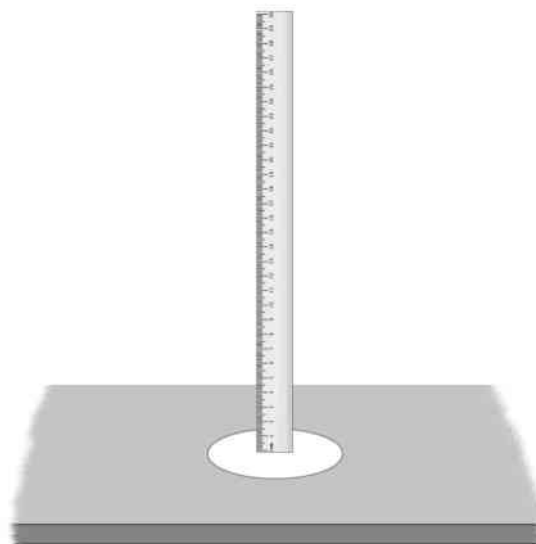
AÇÃO

Material necessário

- dez sacos plásticos para amostras de solo (20 × 30 cm);
- pá de jardinagem;
- peneira comum de uso caseiro;
- um béquer grande (ou outro recipiente transparente, alto e de abertura larga, como jarra ou copo grande);
- minidisco de Secchi (ver adaptação do original na figura abaixo);
- etiquetas;
- material para anotação.

Construindo um minidisco de Secchi

Para construir uma adaptação do minidisco de Secchi, basta colar firmemente um pequeno disco de plástico branco na extremidade de uma régua, no início da escala. O artefato será mergulhado na suspensão de solo, anotando-se em que profundidade (milímetros) o disco branco deixa de ser visível. Quanto maior a profundidade, menor a turbidez.



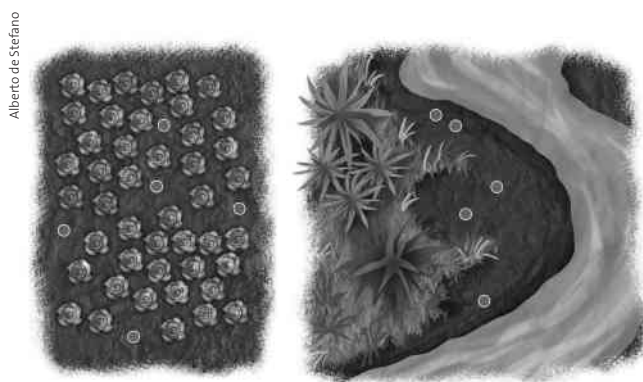
Representação de uma adaptação para o minidisco de Secchi.

Alberto de Stefano

Deverão ser coletadas cinco amostras de solo sub-superficial, posicionadas ao acaso dentro dos limites de cada uma das 2 áreas referidas na pergunta. Você deve fazer essa coleta da seguinte maneira:

- Com a pá, retire materiais que estejam depositados sobre o solo, tais como folhas mortas, pedras e detritos quaisquer, bem como a camada superficial do próprio solo — cerca de 2 cm de espessura.
- Em cada uma das superfícies assim preparadas colete, com a pá, uma porção de solo com o volume de dois ou três copos comuns, acondicionando o material em um dos sacos plásticos, devidamente etiquetado.

Serão, portanto, 10 casos (réplicas) no total; o fator de comparação é a natureza das áreas, uma delas com solo tratado pelo homem (um cultivo) e outra afetada basicamente pela associação com o rio ou riacho; e a variável é o teor de silte + argila. Veja a figura a seguir.



Exemplo de desenho amostral, no qual as posições dos pontos de amostragem são fictícias. As áreas não estão desenhadas em escala.

Cada amostra deve ser analisada conforme o procedimento a seguir.

1. Peneirar uma porção de solo da amostra, suficiente para preencher um décimo do volume do béquer ou recipiente alternativo. Acrescentar água até quase encher o béquer (os volumes de solo e água deverão ser sempre os mesmos para todas as amostras).
2. Agitar vigorosamente o conteúdo do béquer e deixar descansar até a água nos dois milímetros superficiais tornar-se límpida (início da decantação dos grãos mais finos). Nesse momento, introduzir lentamente o minidisco de Secchi (tomando cuidado para não agitar a suspensão) até que, olhando-se o béquer por cima, não se possa mais distinguir o disco branco. Anotar a profundidade indicada na régua, em milímetros.

Quando o teor de argila for pequeno nas amostras das duas áreas, vai ocorrer de o disco ainda estar visível no fundo do béquer em todos os casos — se isso acontecer, refazer todas as montagens com o dobro de solo. Se por outro lado o disco desaparecer já na superfície nas amostras de ambas as áreas, reduzir a quantidade de solo em todas as montagens. Quando o disco ainda for visível no fundo, além de anotar a profundidade marcada na régua, acres-

cente a observação “turbidez mínima”, indicando que, se o béquer fosse mais alto, a leitura na régua seria maior.

3. Ao final das análises, conta-se com 5 valores (casos ou réplicas) de profundidade de desaparecimento do disco (em milímetros) para cada área estudada, registrados em uma tabela tal como a apresentada a seguir:

	Área de cultivo	Área de riacho
Réplica 1		
Réplica 2		
Réplica 3		
Réplica 4		
Réplica 5		
Média		

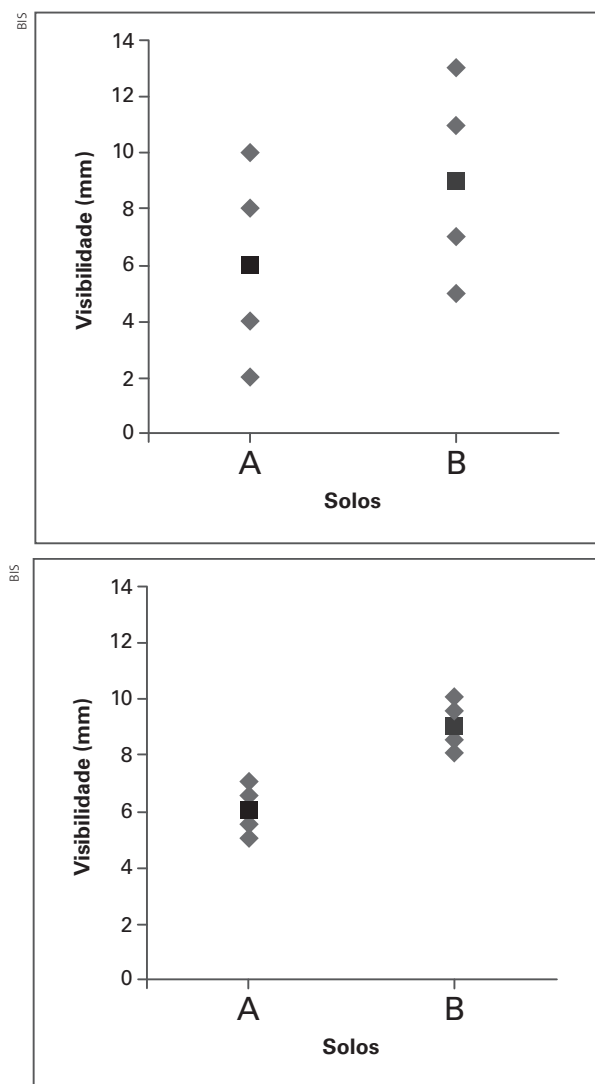
4. O passo seguinte é calcular as médias dos casos, uma para cada área. Uma vez calculadas as médias, elas e os valores das réplicas de solo de cada área deverão ser representadas em um gráfico de pontos, a fim de facilitar a interpretação.

A partir daqui, apresentamos a você, professor(a), alguns subsídios para a condução da atividade.

REFLEXÃO

Os estudantes devem interpretar o estado de visibilidade do disco como meio de avaliar a turbidez da água, que reflete a quantidade de partículas suspensas em certo volume de água. Note que a variável medida (turbidez) é inversamente relacionada ao teor de grãos finos. Você deve trabalhar esse aspecto com eles, garantindo que não haja falha no entendimento dos resultados. Uma boa alternativa seria discutir como transformar os valores de turbidez de modo a ficarem diretamente relacionados ao teor de partículas.

O gráfico do tipo solicitado presta-se bem para tratar da variabilidade associada a cada média, como critério importante para comparar dois grupos de valores — isso é o que se faz em estatística ao usar-se a chamada variância. Observe os gráficos da página seguinte (valores arbitrários), semelhantes aos que os estudantes deverão construir. Os pontos com símbolo quadrado representam as médias e os demais, os valores das réplicas:



Note que a diferença entre as médias é a mesma nos dois casos, mas a diferença entre os solos é muito mais consistente na situação do segundo gráfico, pois a variabilidade dos valores em torno das médias é bem menor: as faixas de variação para os dois solos não se superpõem (não há nenhum valor representado nos dois solos simultaneamente). No primeiro gráfico a variabilidade para cada solo é bem maior e por isso a superposição é bem ampla (neste caso os dois solos podem apresentar diversos valores de visibilidade em comum). Em estatística, quanto maior a superposição de valores em dois grupos de réplicas, menor a confiabilidade ao diferenciá-los.

Uma vez respondida a pergunta, você, professor(a), deve auxiliar os estudantes a refletir sobre possíveis fatores naturais responsáveis pelos resultados observados. Os solos em áreas de deposição de sedimentos geralmente apresentam maior teor de grãos mais finos do que áreas mais altas, mais suscetíveis à lavagem. O hidrodinamismo (no caso de terrenos sob ação de correntezas de rios) e a topografia são dois desses fatores, além da natureza da própria rocha, que por intemperismo originou os solos analisados. Os estudantes devem refletir como diferentes

tipos de solo, em termos do teor de grãos finos, podem estar em diferentes ambientes ou locais.

É fundamental que nessa reflexão eles levantem hipóteses de como a presença de argila nos solos pode alterar suas propriedades. Diferentes aspectos relacionados à impermeabilização devem ser discutidos. Por exemplo, a construção de poços e açudes está fortemente vinculada às características do solo.

Finalmente, também é tema de reflexão a possibilidade de utilizar este tipo de experimento para verificar o teor de argila de solos com a finalidade de avaliar preliminarmente seu potencial de retenção de nutrientes.

Se a escola estiver no meio rural, você, professor(a), pode adaptar a *Indagação científica*, definindo áreas de estudo diferentes das que estariam disponíveis próximo a vilas e cidades, simulando, por exemplo, uma situação em que um fazendeiro tem de escolher entre duas áreas topograficamente adequadas para construir um açude, mas que podem ter entre seus solos diferenças não óbvias em suas propriedades (como a permeabilidade).

Finalmente, os estudantes podem levantar hipóteses para explicar de que modos o teor de grãos finos pode afetar os organismos, e a partir daí planejar novos ciclos de indagação.

OUTROS ASPECTOS

A Indagação e as mídias digitais

É muito interessante que os estudantes façam uma pesquisa na internet sobre estrutura granulométrica de solos (frações granulométricas) e sobre a importância dos grãos finos para a permeabilidade e a retenção de nutrientes do solo. O assunto permite integração com Química e Física (interações dos íons com a superfície dos grãos – adsorção).

Marcos conceituais (conceitos abordados)

- Os solos têm propriedades que dependem da sua composição em termos de tamanho dos grãos (composição granulométrica).
- Solos com diferentes teores de grãos finos podem apresentar diferentes permeabilidades.
- A permeabilidade é importante para organismos vivos, já que determina quanta água infiltra em relação a quanta água corre por sobre sua superfície, e também quanto ar fica disponível em seu interior (aeração).

Habilidades e competências envolvidas

- Refletir de forma multidisciplinar, envolvendo diferentes áreas do saber na compreensão de fenômenos biológicos.
- Realizar comparações qualitativas na busca da compreensão de processos.
- Desenvolver experimentos como forma científica de abordar um problema.
- Utilizar base lógica e prática para construção de hipóteses científicas.

13. Bibliografia

- ALBERTS, B. *et al.* *Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- . *Fundamentos de Biologia celular*. 3. ed. São Paulo: Artmed, 2011.
- AMORIM, D. de S. *Fundamentos de sistemática filogenética*. 3. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2002.
- AUDESIRK, T.; AUDESIRK, G.; BYERS, B. E. *Life on Earth*. 10. ed. Prentice Hall, 2013.
- BARBOSA, H. R.; TORRES, B. B. *Microbiologia básica*. São Paulo: Atheneu, 1999.
- BARNES, R. D. *et al.* *Zoologia dos invertebrados*. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.
- BREWER, R. *The science of ecology*. 2. ed. São Diego: Saunders College, 1994.
- BRUSCA, R.; BRUSCA, G. J. *Invertebrados*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- CAMPBELL, N. A. *Biology*. 10. ed. Nova York: The Benjamin Cummings, 2013.
- CARVALHO, I. de S. (ed.). *Paleontologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência. vols. 1 e 2, 2010.
- CHALMERS, A. F. *O que é Ciência, afinal?* São Paulo: Brasiliense, 2009.
- DAWKINS, R. *O gene egoísta*. São Paulo: Companhia das letras, 2007.
- . *O relojoeiro cego*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- . *O rio que saía do Éden – Uma visão darwiniana da vida*. São Paulo: Rocco, 1996.
- DIAS, G. F. *Educação ambiental – princípios e práticas*. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2010.
- DI DIO, L. J. A. *Tratado de anatomia sistêmica aplicada*. São Paulo: Atheneu, 2002. 2 v.
- EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. P. *O que é vida? Para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume-Dumará/FAPERJ, 2000.
- FERRI, M. G. *Botânica: morfologia externa das plantas*. São Paulo: Nobel, 1981.
- . *Botânica: morfologia interna das plantas*. São Paulo: Nobel, 1981.
- FUTUYMA, D. *Biologia evolutiva*. 3. ed. Ribeirão Preto: Funpec, 2009.
- GAMLIN, L.; VINES, G. *The evolution of life*. Nova York: Oxford University, 1991.
- GILBERT, S. F. *Developmental biology*. 10. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2013.
- GOULD, S. J. *Pilares do tempo: ciência e religião na plenitude da vida*. São Paulo: Rocco, 2002.
- GRIFFITH, J. F. *et al.* *Introdução à genética*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- HILDEBRAND, M. *Análise da estrutura dos vertebrados*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2013.
- JOLY, A. B. *Conheça a vegetação brasileira*. São Paulo: Edusp – Polígono, 1970.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- KARP, G. *Cell and molecular biology*. 7. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 2013.
- KERBAUY, G. B. *Fisiologia Vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.

KUHN, T. A *estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1975.

LEWONTIN, R. *Biologia como ideologia: a doutrina do DNA*. Ribeirão Preto: FUNCEP, 2000.

MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. V. *Cinco reinos: um guia ilustrado dos filos da vida na Terra*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. *Bioquímica básica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.

MATIOLI, S. R. (ed.). *Biologia molecular e evolução*. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2012.

MAYR, E. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Guia de vigilância epidemiológica*. 7. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.

MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N. *Embriologia básica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

MOORE-LANDECKER, E. *Fundamental of the fungi*. 4. ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 1996.

NETTER, F. H. *Atlas de anatomia humana*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

_____; BARRETT, G. W. *Fundamentos de ecologia*. São Paulo: Cengage Learning, 2007.

OTTO, P. A.; OTTO, P. G.; FROTA-PESSOA, O. *Genética humana e clínica*. 2. ed. São Paulo: Roca, 2004.

PELCZAR JR., M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. *Microbiologia*. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1997. v. 1.

PESSÔA, S. B.; MARTINS, A. V. *Parasitologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.

POUGH, F. H.; HEISER, J. B.; JANIS, C. M. *A vida dos vertebrados*. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

PRESS, F. et al. *Para entender a Terra*. 6. ed. Tradução: Menegat, R. et al. Porto Alegre: Bookman, 2013.

PURVES, W. et al. *Vida – a ciência da Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAVEN, P. H. *Biology of plants*. 8. ed. Nova York: W. H. Freeman, 2012.

_____. et al. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RICKLEFS, R. E. A. *Economia da natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.

_____. *Economia da natureza: um livro-texto em ecologia básica*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.

RIDLEY, M. *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

ROMER, A. S.; PARSONS, T. S. *Anatomia comparada*. Ciudad de México: Nueva Editorial Interamericana, 1981.

ROTHWELL, N. V. *Understanding genetics: a molecular approach*. Nova York: John Wiley & Sons, 1993.

SALGADO-LABOURIAU, M. L. *História ecológica da Terra*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2001.

SCHMIDT-NIELSEN, K. *Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente*. 5. ed. São Paulo: Liv. Santos, 2002.

SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. *Biology*. 10. ed. Nova York: Saunders College, 2014.

SUGUIO, K.; SUZUKI, U. *A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida*. São Paulo: Edgard Blucher, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TEIXEIRA, W. et al. (Coord.). *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.

TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. *Fundamentos em Ecologia*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

WHITERS, P. C. *Comparative animal physiology*. Nova York: Saunders College, 1992.

ZAHA, A. (Coord.). *Biologia molecular básica*. 5. ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 2014.

